ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นางสาวปิยะมาศ บุญประกอบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFECTS OF SCIENCE INSTRUCTION USING METACOGNITIVE LEARNING CYCLE ON CONCEPTS OF FORCE AND MOTIONS AND ABILITY IN REASONING THINKING OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

MISS PIYAMAS BOONPRAKOB

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นางสาวปิยะมาศ บุญประกอบ
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะครุศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจัตุรัส)

ปิยะมาศ บุญประกอบ: ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (EFFECTS OF SCIENCE INSTRUCTION USING METACOGNITIVE LEARNING CYCLE ON CONCEPTS OF FORCE AND MOTIONS AND ABILITY IN REASONING THINKING OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ, 112 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (2) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันกับแบบปกติ (3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน และ (4) เพื่อเปรียบเทียบความสมารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลระหว่างกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันกับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ ที่เรียนภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ (1) แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (2) แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา<u>หลักสูตรและการสอน</u> ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา<u>การศึกษาวิทยาศาสตร์</u> ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา <u>2554</u>

5183357227 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORDS : METACOGNITIVE LEARNING CYCLE / CONCEPTS OF FORCE AND MOTIONS / ABILITY IN REASONING THINKING

PIYAMAS BOONPRAKOB : EFFECTS OF SCIENCE INSTRUCTION USING METACOGNITIVE LEARNING CYCLE ON CONCEPTS OF FORCE AND MOTIONS AND ABILITY IN REASONING THINKING OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. ALISARA CHUCHAT, Ph.D. 112 pp.

The purposes of this study were (1) to compare the concepts about force and motion of the lower secondary school students before and after learning through the metacognitive learning cycle, (2) to compare the concepts about force and motion of the students who learned through the metacognitive learning cycle and those who learned through the conventional teaching method, (3) to compare the ability in reasoning thinking of the students before and after learning through the metacognitive learning cycle, and (4) to compare the ability in reasoning thinking of the students who learned through the metacognitive learning cycle and those who learned through the conventional teaching method. The samples of this study were 2 classrooms of mathayomsuksa three students of the Wat Boworniwet School in Bangkok who studied in the second semester of the academic year 2011. The research instruments were included (1) the force and motion concept test and (2) the reasoning thinking test.

The results demonstrated that:

1. The students who learned through the metacognitive learning cycle had a mean score of concepts about force and motion higher than before the experiment at .05 level of significance.

2. The students who learned through the metacognitive learning cycle had a mean score of concepts about force and motion higher than those who learned through the conventional teaching method at .05 level of significance.

3. The students who learned through the metacognitive learning cycle had a mean score of reasoning thinking higher than before the experiment at .05 level of significance.

4. The students who learned through the metacognitive learning cycle had a mean score of reasoning thinking higher than those who learned through the conventional teaching method at .05 level of significance.

Department : Curriculum and Instruction Student's Signature .....

Field of Study : Science Education Advisor's Signature .....

Academic Year : 2011 .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการอบรมสั่งสอน ให้โอกาส ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการประกอบอาชีพครู ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจัตุรัส กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คะแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้รงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการธวัชชัย ชัยเพชระกุล ที่ได้เมตตาอนุญาตให้ลาศึกษาต่อ ขอขอบพระคุณ รองผู้อำนวยการดวงกมล คงเมือง ที่มีส่วนผลักดันให้ได้ลาศึกษาต่อ ขอขอบคุณโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สควค) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) ที่ได้ให้ทุนการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษานี้ ขอขอบคุณคณาจารย์และนักเรียนโรงเรียนวัดบวรนิเวศ ที่ให้ความห่วงใยและร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่เรียนสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและให้คำแนะนำกับผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณกลุ่มเพื่อนๆ ที่โรงเรียนวัดบวรนิเวศที่คอบสอบถามและให้กำลังใจในการทำวิจัย

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยสอบถามด้วยความห่วงใย และเป็นกำลังใจที่ดีของผู้วิจัยมาโดยตลอดที่สร้างพลังใจในการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

บทที่

1. บทนำ…… 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา…… 1

คำถามวิจัย…… 6

วัตถุประสงค์ของการวิจัย…… 6

สมมติฐานการวิจัย…… 6

ขอบเขตการวิจัย…… 8

นิยามศัพท์…… 9

กรอบแนวคิดในการวิจัย…… 11

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… 12

วงจรการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์…… 14

แนวคิด และทฤษฎีพื้นฐาน…… 14

ความหมายของวงจรการเรียนรู้..... 16

ประเภทของวงจรการเรียนรู้…… 17

วงจรการเรียนรู้กับการสอนวิทยาศาสตร์…… 20

วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน…… 21

แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน…… 20

ความเป็นมาของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน…… 24

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน…… 25

บทบาทครูและบทบาทนักเรียน…… 26

มโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์…… 27

ความหมายของมโนทัศน์ และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์…… 28

ประเภทของมโนทัศน์ และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 29
แนวทางการวัดมโนทัศน์ และมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่..... 33
ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล..... 35
ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล..... 35
ประเภทของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล..... 36
ลักษณะความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล..... 40
แนวทางการวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล..... 41
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 45
งานวิจัยภายในประเทศ..... 45
งานวิจัยต่างประเทศ..... 46
3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 47
รูปแบบการวิจัย..... 47
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 48
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 50
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 57
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 58
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 59
ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่..... 60
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล..... 61
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 63
สรุปผลการวิจัย..... 63
อภิปรายผล..... 64
ข้อเสนอแนะ..... 66
รายการอ้างอิง..... 67
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย..... 72
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 73
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 95
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 108
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 112

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน.	26
2	คะแนนเฉลี่ย($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ(F-test) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 ห้องเรียน.....	49
3	ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 ห้องเรียน.....	49
4	วิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่	51
5	หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่.....	55
6	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของกลุ่มทดลอง	60
7	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) มโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ.....	60
8	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง.....	61
9	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล หลังจากทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ.....	62
10	ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่.....	109
11	ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดการคิดอย่างเป็นเหตุผล.....	111

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เมตาคอกนิชัน หรือกระบวนการควบคุมการรู้คิดในกรอบทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล.....	23
2	วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน.....	25

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ซึ่งจะส่งผลถึงการพัฒนาสังคมและประเทศโดยตรง การศึกษาจะพัฒนาให้มนุษย์เป็นผู้ที่มีความพร้อมทั้งด้านร่างกาย สติปัญญา คุณธรรม จริยธรรม อารมณ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหา มีทักษะในการประกอบอาชีพ ดังนั้นการจัดการศึกษาจึงต้องเป็นการศึกษาเพื่อปวงชน (Education for all) ตามที่ประเทศสมาชิกองค์การศึกษาวิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาติ ได้ตกลงและเห็นพ้องกันว่า “การศึกษาเป็นสิทธิอันพึงมีของประชากรโลก เพราะว่าการศึกษาจะพัฒนาศักยภาพของมนุษย์ให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในชุมชน และสังคมโลกได้อย่างเข้มแข็ง” (UNESCO, 1990) สำหรับประเทศไทยแล้วได้ปฏิบัติตามจุดมุ่งหมายปฏิญญาโลกว่าด้วยการจัดการศึกษาเพื่อปวงชนโดยเขียนไว้ในหลักการของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ว่า “เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ” สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 โดยมุ่งหมายที่จะพัฒนาคนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งกาย สติปัญญา มีคุณธรรม จริยธรรม และวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเสริมสร้างศักยภาพของคนไทยให้เข้มแข็งและส่งผลต่อศักยภาพในการแข่งขันระหว่างประเทศได้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2551: ก)

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจัดได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาคน เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ นอกจากนี้แล้ววิทยาศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งการคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ และพัฒนาทักษะสำคัญในการค้นคว้าความรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 94) ประเทศที่มีการวางรากฐานการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ดีจะส่งผลให้สามารถพัฒนานวัตกรรมของตนเองได้ คิดค้นสิ่งใหม่ๆ หรือวิธีการใหม่ๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศได้ (สำนักงานการศึกษาแห่งชาติ, 2545: 17)

ดังนั้นความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่มนุษย์จึงจำเป็นต้องรู้วิทยาศาสตร์และได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) ได้ให้ความสำคัญต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยได้กำหนดแนวทางการพัฒนาคุณภาพคนและสังคมไทยให้ก้าวสู่สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ โดยมีใจความสำคัญว่า “จะต้องสร้างและพัฒนากำลังคนที่มีความเป็นเลิศในการสร้างสรรค์นวัตกรรมโดยพัฒนากระบวนการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.พัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่เน้นเด็กเป็นศูนย์กลาง” และระบุไว้ในแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2545-2559) ดังนี้ “การศึกษาในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องเป็นหลักสูตรสำคัญในการศึกษาภาคบังคับ การศึกษาขั้นพื้นฐาน” ทั้งนี้กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า “เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลายได้” (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 94) นอกจากนี้แล้วในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ระบุเป้าหมายการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Education Standards) กล่าวว่า “ให้ทุกคนรู้ เข้าใจวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้หลักการ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจและการมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลกระทบต่อสังคม” (NSES, 1996: 12)

แต่จากการศึกษาผลสอบความรู้รวบยอดปลายช่วงชั้น (Ordinary National Educationa testing: O-NET) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างปีการศึกษา 2551-2553 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เพียงร้อยละ 39.44, 29.16 และ 29.17 ตามลำดับ ซึ่งเป็นคะแนนที่ต่ำกว่าร้อยละ 50 และมีคะแนนลดลงทุกปี เมื่อแยกพิจารณาตามสาระพบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสาระอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 32.8, 26.73 และ 25.87 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2555: online) และเมื่อพิจารณาโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติหรือ PISA (Program for International Student Assessment)

ดำเนินการโดยกลุ่มประเทศสมาชิก Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) ซึ่งถือเอาคุณภาพของการศึกษาเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของการพัฒนาเศรษฐกิจในอนาคต ในระยะที่สาม พ.ศ. 2549 ที่ให้น้ำหนักการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ถึงร้อยละ.60 ของภารกิจการประเมิน พบว่าประเทศฮ่องกง จีน-ไทเป และ ญี่ปุ่น เป็นประเทศในทวีปเอเชียที่มีคะแนนอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีคะแนนสูงสุด 10 อันดับแรก แต่ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 47 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเพียง 421 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย 500 ของ OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) นอกจากนี้แล้วยังมีการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในโครงการการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ. 2550 (Trends in International Mathematics and Science Study 2007; TIMSS 2007) ซึ่งได้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์เท่ากับ 471 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติที่กำหนดไว้ตามค่ากลางของ TIMSS 1995 ที่ 500 คะแนน และประเทศไทยอยู่อันดับที่ 22 ของจากประเทศที่เข้าร่วมประเมิน 59 ประเทศและรัฐอีก 7 รัฐ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) จากผลการประเมินคุณภาพทั้งในประเทศและนานาชาติเป็นสิ่งที่บ่งชี้ว่า.ประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องพัฒนาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล เป็นลักษณะหนึ่งของการคิดที่ได้นำหลักของเหตุผลมาใช้ในการคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่ง (กระทรวงศึกษาธิการ: 31) และเป็นทักษะการคิดขั้นพื้นฐานเบื้องต้นต่อการคิดในระดับสูงขึ้นไปหรือซับซ้อนขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ: 21) ทั้งนี้ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลถูกระบุให้เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของเด็กไทยในประชาคมอาเซียน หากแต่ผลการประเมินภายนอกรอบที่สอง พ.ศ. 2549-2551 ในมาตรฐานที่ 4 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์ พบว่ามีคะแนนอยู่ที่ 2.7 จัดอยู่ในระดับพอใช้ (สำนักรับรองมาตรฐานและการประเมินคุณภาพการศึกษา: 2552: online) ซึ่งอาจจะอ้างได้ว่าสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการคิดระดับสูงนี้อยู่ในระดับพอใช้อาจมาจากนักเรียนมีความสามารถในการคิด

ขั้นพื้นฐานที่อยู่ในระดับพอใช้ด้วย ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรให้ความสำคัญต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนควบคู่ไปกับการพัฒนาความรู้ความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์

ในปัจจุบันนี้การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ได้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Fellows, 1994) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใด สิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำคุณลักษณะต่างๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลเข้ากันจนเป็นความคิดรวบยอด (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2537: 40-41) มนุษย์ใช้มโนทัศน์พื้นฐานที่ตนมีอยู่ในการตีความ และทำความเข้าใจในมโนทัศน์ใหม่ที่เข้ามา การเรียนรู้จึงเกิดขึ้นเมื่อมโนทัศน์ใหม่ที่เข้ามาเชื่อมโยงกับมโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่ (Gunstone: 2000) แนวคิดนี้สอดคล้องกับ พรรณี ช. เจนจิต (2538: 399) ซึ่งได้กล่าวว่า “ในการสอนมโนทัศน์ใหม่ จะเป็นสิ่งที่มีความหมายกับเด็กถ้าเด็กสามารถเชื่อมโยงได้กับมโนทัศน์พื้นฐาน” นอกจากนี้ Strike and Posner (1985) นำเสนอว่า มนุษย์ใช้มโนทัศน์พื้นฐานเป็นกรอบอ้างอิงในการรับรู้ ทำความเข้าใจ และตีความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ ที่เข้ามา งานวิจัยทางด้านการศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีมโนทัศน์พื้นฐานที่คลาดเคลื่อนโดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ได้สร้างมโนทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติก่อนที่จะได้เรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยมโนทัศน์ทั้งหลายนี้มีแนวโน้มที่จะแตกต่างจากมโนทัศน์ที่ได้รับการยอมรับในหมู่นักวิทยาศาสตร์ (Halloun & Hestenes, 1985b; Gunstone, 1991; Driver et al, 2000) นอกจากนี้ Duit, Niedderer and Schecker (2005) ดำเนินการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 64 ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ในสาขาฟิสิกส์ในเนื้อหากลศาสตร์(แรง) เนื่องจากเชื่อว่านักเรียนมีมโนทัศน์พื้นฐานที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหานี้มากที่สุด สำหรับในประเทศไทย ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และเพ็ญจันทร์ ซิงห์ (2549) ได้ศึกษามโนทัศน์คลาดเคลื่อนในสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่พบว่า มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ดังนี้ 1) การใช้คำศัพท์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ 2) แรงขับดันภายในของวัตถุ 3) แรงจากการกระทำ 4) แรงกิริยา-ปฏิกิริยา และ 5) อิทธิพลอื่นๆ ที่มีต่อการเคลื่อนที่

วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle) ถูกพัฒนาขึ้นโดย ลิซา เอม แบลงค์ (Lisa M Blank: 1999) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่นำแนวคิดเมตาคอกนิชันมารวมกับวงจรการเรียนรู้ 4 ขั้นของ Barman (1997) และเพิ่มการตรวจสอบสถานะ(status check) ของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งภายใต้เงื่อนไขของทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Posner et al (1982) วงจรการเรียนรู้นี้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่สามารถย้อนกลับได้ ดังนี้ 1) ขั้นประเมินมโนทัศน์/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Assessment/ Status Check) มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนประเมินมโนทัศน์พื้นฐาน โดยการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น ถ้าพบว่ามโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่คลาดเคลื่อนต้องมีการแก้ไขให้เป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้องก่อนการศึกษาในมโนทัศน์อื่นต่อไป ขั้นที่ 2) ขั้นสำรวจค้นหามโนทัศน์ (Concept Exploration)มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนสำรวจ ค้นหาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา โดยนักเรียนออกแบบการทดลอง ดำเนินการ บันทึกผลการทดลอง และเตรียมนำเสนอมโนทัศน์ที่ศึกษา 3) ขั้นนำเสนอมโนทัศน์/ ตรวจสอบสถานะ (Concept Introduction/ Status Check) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบมโนทัศน์ที่ได้ และ 4) ขั้นประยุกต์มโนทัศน์/ตรวจสอบสถานะ (Concept Application/ Status Check) มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ที่ได้ศึกษามาแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างไปจากในห้องเรียน และตรวจสอบว่ามโนทัศน์นั้นสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้ วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันได้ให้ความสำคัญกับการตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์พื้นฐานก่อนที่จะศึกษามโนทัศน์ใหม่โดยเน้นให้นักเรียนได้นำแนวคิดเมตาคอกนิชันมาใช้ในการตรวจสอบสถานะ และมีตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์ในขั้นการนำเสนอมโนทัศน์ และในขั้นการประยุกต์มโนทัศน์

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมาใช้ในการพัฒนามโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และใช้เป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนต่อไป

คำถามวิจัย

นักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จะมีมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแตกต่างกันอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน และจะมีมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแตกต่างกันอย่างไร เมื่อเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอก-นิชัน กับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอก-นิชัน กับกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้นั้นได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย โรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) และคณะ ในปี ค.ศ. 1961 เพื่อใช้สำหรับโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) โดยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการศึกษาสำรวจ

(exploration) 2) ขั้นการสร้างความรู้ (invention) และ 3) ขั้นการค้นพบ (discovery) ซึ่งต่อมา บาร์แมน (Charles R. Barman) ได้เปลี่ยนชื่อขั้นตอนที่ 2 และ 3 ใหม่ตามสิ่งที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้น จากเดิมเป็นขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept instruction) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ตามลำดับ โดยขั้นตอนเหล่านี้ได้ดำเนินตามกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาตามแนวคิดของเพียเจต์ (matin, Jr. and et al., 1994: 202; Carin, 1993: 87) ซึ่งการนำวงจรการเรียนรู้เข้ามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนาให้นักเรียนได้ใช้วิธีสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ได้ทักษะและศัพท์ต่างๆ และสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้เรียนรู้ได้ เมื่อนำมารวมกับแนวคิดเมตาคอกนิชัน (Metacognition) ที่หมายถึง การที่บุคคลรู้ถึงการคิดของตนเอง สามารถควบคุมการคิดของตนให้เป็นไปในทางที่ตนต้องการ และสามารถเลือกวิธีการคิดของตนเองเพื่อให้การคิดเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดได้ และจากการศึกษาทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change theory) เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการเรียนรู้ว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหม่กับมโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่

นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ซึ่ง ลิซา เอ็ม แบลงค์ (Lisa M. Blank 1999: 486) เป็นผู้พัฒนาวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ผลการวิจัยสรุปว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีโครงสร้างขององค์ความรู้ไม่แตกต่างกับการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ SCIS และ 2) นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีโครงสร้างขององค์ความรู้ที่คงทนยาวนานกว่า ขณะที่ Beth, M.E. (1998) ซึ่งได้ศึกษาการสอนวิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้การตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์เป็นเครื่องมือโดยใช้แนวคิดเมตาคอกนิชันพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นและช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นอกจากนี้ Donna M. Stuever (1997) ได้ศึกษาผลของการใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่มห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนขนาดกลางพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการใช้คำถามเมตาคอกนิชันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้แล้วงานวิจัยเรื่อง การใช้เมตาคอกนิชันนอกจากนี้แล้ว จุฑารัตน์ ชนานุสรน์ (2546) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธี

เมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหา และต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11 จำนวน 60 คน พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยเมตาคอกนิชันในการอ่าน เมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงใช้เป็นแนวทางในการกำหนดสมมติฐาน ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังจากเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแบบปกติ

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล หลังจากเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรเมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยแบบปกติ

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ได้แก่

2.1.1 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

2.1.2 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

2.2.2 ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

2.3.1 เนื้อหาวิชาและจำนวนเรื่องที่ใช้ในการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบเป็นเนื้อหาเดียวกัน

2.3.2 ผู้สอน โดยผู้วิจัย เป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

2.3.3 ระยะเวลาที่สอน โดยมีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

นิยามศัพท์

1. **การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน** หมายถึง การดำเนินการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการประเมินมโนทัศน์/ ตรวจสอบสถานะ คือ การจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐาน และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจมโนทัศน์ที่จะศึกษา

2) ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนทัศน์ คือ การจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการสำรวจ ค้นหา มโนทัศน์ที่จะศึกษา ดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3) ขั้นการนำเสนอมโนทัศน์/ ตรวจสอบสถานะ คือ การจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้นำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์ที่ได้โดยวิธีการต่างๆ

4) ขั้นการประยุกต์มโนทัศน์/ ตรวจสอบสถานะ คือ การจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ และตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์

2. **การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำ คือ การจัดกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียน

2) ขั้นสอน คือ การจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง

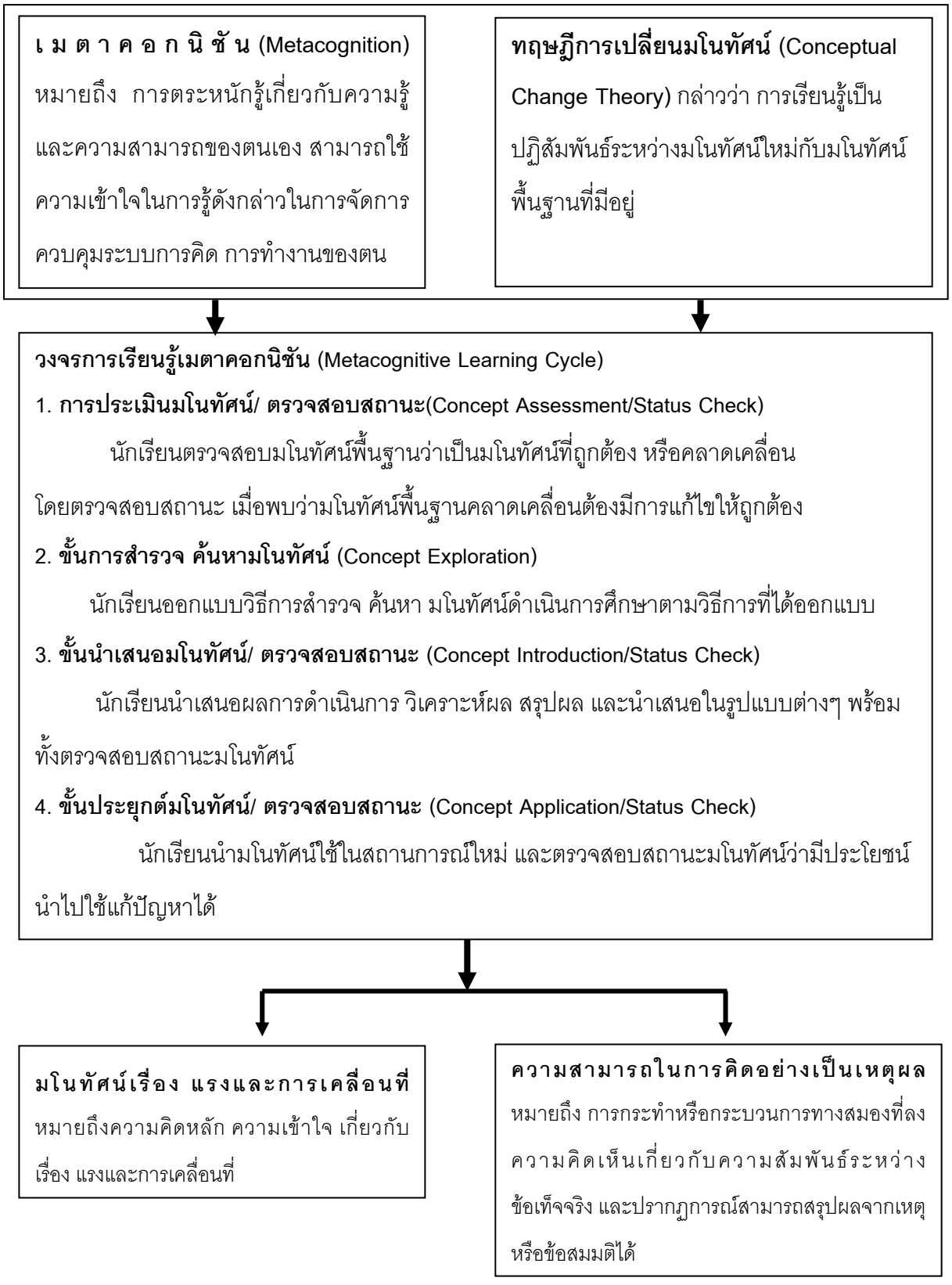
3) ขั้นสรุป คือ การที่นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้ นำไปใช้

3. **มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่** หมายถึง ความคิดหลัก ความเข้าใจ เกี่ยวกับเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ สามารถวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยแบบวัดนี้มีลักษณะเป็นปรนัยจับคู่ ซึ่งผู้วิจัยพัฒนาตามรูปแบบการวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งพัฒนาโดย Ramlo (2002)

4. **ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล** หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการทางสมองที่ลงความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง และปรากฏการณ์สามารถสรุปผลจากเหตุหรือข้อสมมติได้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัยตามแนวคิดตรรกะบทของอริสโตเติล และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัยตามแนวคิดของมิลล์ (Mill's method) สามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล และคำถามมีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก โดยเป็นบทความยาว ข้อความ หรือสถานการณ์

5. **นักเรียน** หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล โดยนำเสนอรายละเอียดเป็นหัวข้อตามลำดับดังนี้

1. วงจรการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์
   - 1.1 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน
   - 1.2 ความหมายของวงจรการเรียนรู้
   - 1.3 ประเภทของวงจรการเรียนรู้
   - 1.4 วงจรการเรียนรู้กับการสอนวิทยาศาสตร์
2. วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน
   - 2.1 แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน
   - 2.2 ความเป็นมาของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน
   - 2.3 ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน
   - 2.4 บทบาทครูและบทบาทนักเรียน
3. มโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   - 3.2 ประเภทของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
   - 3.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่
4. ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล
   - 4.1 ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล
   - 4.2 ประเภทของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

4.3 ลักษณะความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

4.4 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. วงจรการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน ความหมายของวงจรการเรียนรู้ ประเภทของวงจรการเรียนรู้ และวงจรการเรียนรู้กับการสอนวิทยาศาสตร์

1.1 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน

การเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้ มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of cognitive development) โดยเพียเจต์กล่าวว่ามนุษย์ทุกคนมีลักษณะพื้นฐานที่มาตั้งแต่กำเนิด 2 ลักษณะ (Wollfolk, 1995: 30-31) คือ การจัดระบบโครงสร้างทางความคิด (organization) และการปรับโครงสร้างทางปัญญา (adaptation)

1. การจัดระบบโครงสร้างทางความคิด (organization)

เป็นกระบวนการจัดและรวบรวมความรู้และกระบวนการต่างๆ เข้าสู่โครงสร้างของความคิดอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตราบเท่าที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยโครงสร้างทางความคิด (schema) เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของความคิดที่จัดระบบและเก็บรวบรวมประสบการณ์และความรู้ในอดีต โดยอาจจะบรรจุทั้งความรู้และกระบวนการ (Wollfolk, 1995: 30; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541: 48)

2. กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (adaptation)

เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดให้สอดคล้องกับประสบการณ์และความรู้ใหม่ๆ ที่ได้รับเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล ซึ่งกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดมีกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 2 กระบวนการ (Wollfolk, 1995: 31; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541: 48) คือ

2.1) การดูดซับ (assimilation)

การดูดซับ คือ กระบวนการที่ผู้เรียนพยายามทำความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นสถานการณ์ หรือวัตถุ โดยเชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ (existing schema) (Wollfolk, 1995: 31; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 14-15)

2.2) การปรับให้เหมาะ (accommodation)

การปรับให้เหมาะ คือ กระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่เพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ถ้าข้อมูลของสถานการณ์ใหม่ไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ได้ จะเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญาให้สอดคล้องกับข้อมูลนั้นๆ (Wollfolk, 1995: 31; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 14-15)

การซึมซับเข้าสู่โครงสร้างจึงเป็นกระบวนการปรับสิ่งแวดล้อมภายนอกให้สอดคล้องกับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ และการปรับโครงสร้างจึงเป็นการปรับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมภายนอกแล้วเกิดเป็นโครงสร้างทางความคิดใหม่ขึ้นมา อย่างไรก็ตามทั้งการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างและการปรับโครงสร้างจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน โดยเมื่อมีการปรับและรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างความความคิด สติปัญญาของเด็กจะค่อยๆ ปรับเปลี่ยนและมีพัฒนาการมากขึ้นตามลำดับ

พัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กมีความสำคัญต่อการเพิ่มเติมข้อเท็จจริงและแนวความคิดใหม่ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ ทั้งนี้เพียเจต์ได้ระบุไว้ว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละบุคคลจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ (Woolfolk: 1995: 30-31) ดังต่อไปนี้

1. วุฒิภาวะทางกายภาพ (physical maturation)

วุฒิทางกายภาพ หมายถึง การเจริญเติบโตทางชีววิทยาของระบบประสาทส่วนกลางและส่วนต่างๆ ของร่างกายของเด็กแต่ละคนที่จะใช้สร้างมโนทัศน์ เมื่อเด็กมีพัฒนาการทางชีวภาพสูงขึ้นจะมีความสามารถในการแสดงพฤติกรรมและการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมรอบตัวสูงขึ้นไปด้วย หากเด็กกระทำต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การศึกษาสำรวจ ทดสอบ สังเกต และจัดรวบรวมข้อมูล นั่นคือ เด็กกำลังเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดของตน

2. ประสบการณ์ทางกายภาพ (physical experience)

ประสบการณ์ทางกายภาพ หมายถึง ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว แล้วรับรู้และสร้างตัวแทนความคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ

3. ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (social interaction)

ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม หมายถึง ปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นๆ ซึ่งจะนำไปสู่การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม หากไม่มีกระบวนการดังกล่าวแล้ว เด็กต้องสร้างความรู้ทั้งหมดด้วยตนเอง ทั้งนี้ความสามารถในการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กแต่ละคน

4. ภาวะสมดุลทางสติปัญญา (equilibration)

ภาวะสมดุลทางสติปัญญา หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ การกำกับตนเองเกี่ยวกับการรับรู้ถึงความไม่สอดคล้องระหว่างภาวะความเป็นจริงกับความคิดของแต่ละบุคคลตลอดจนการทำงานอย่างกระตือรือร้นและอดทนต่อการแก้ปัญหาความไม่สอดคล้องโดยผ่านกระบวนการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างและการปรับโครงสร้างทางความคิด ทำให้ภาวะสมดุลระหว่างประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่

1.2 **ความหมายของวงจรการเรียนรู้**

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้ความหมายของวงจรการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

เรนเนอร์ และคณะ (Renner et al., 1988: 39) กล่าวว่า “วงจรการเรียนการเรียนรู้ คือ วิธีการสอนและหลักการในการจัดทำหลักสูตรที่พัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ โดยประกอบด้วยลำดับขั้นตอน 3 ขั้น ซึ่งมีความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ ได้แก่ ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept invention) และขั้นการขยายความคิด (expansion of the idea)”

มาติน และคณะ (Matin et al., 1994: 34) กล่าวว่า “วงจรการเรียนรู้ คือ วิธีการคิดหรือการดำเนินการที่สอดคล้องกับวิธีการที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ ทั้งนี้วงจรการเรียนรู้มี 3

ขั้นตอนคือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept intervention) และขั้นนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application)"

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 34) ได้อธิบายเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ว่า "ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้มีลักษณะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการสร้างความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยการศึกษาสำรวจใหม่ๆ การสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ใหม่ และการนำมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้ตีความสถานการณ์ที่กำลังศึกษาและสถานการณ์อื่นๆ ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่กำลังศึกษา"

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2544: 103) กล่าวว่า " วงจรการเรียนรู้ คือ รูปแบบของกระบวนการเรียนรู้ที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้วิธีสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการค้นพบความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยมีพื้นฐานจากแนวคิดทฤษฎีคอนตรัคติวิสต์ (constructivism)"

จากแนวคิดเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ข้างต้นสรุปว่า วงจรการเรียนรู้ คือ แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนใช้การคิด และการดำเนินการในการค้นคว้าและเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งมี 3 ขั้นตอนต่อเนื่องกันเป็นวงจร ได้แก่ 1) ขั้นการศึกษาสำรวจ 2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และ 3) ขั้นนำมโนทัศน์ไปใช้

1.3 ประเภทของวงจรการเรียนรู้

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้จำแนกประเภทของวงจรการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลอว์สัน อับราฮัม และเรนเนอร์ (Lawson, Abraham, and Renner, 1989 cited in Minnesota K-12 Science framework (online); 2-26) ได้จำแนกวงจรการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย (descriptive learning) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสำรวจ ค้นพบ และบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น และครูเป็นผู้แนะนำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

2. วงจรการเรียนรู้แบบการให้เหตุผลอุปมาอุปไมยเชิงประจักษ์ (empirical abdicative learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (causal question) จากสถานการณ์ที่ศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่ได้ทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนกำหนดขึ้นโดยครูเป็นผู้แนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ศึกษา

3. วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ตั้งคำถามเชิงสาเหตุ (causal question) จากสถานการณ์ที่ศึกษา แล้วตั้งสมมติฐานทางเลือกที่อาจจะเป็นไปได้ ออกแบบและปฏิบัติทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่กำหนดขึ้น วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ครูแนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ และนักเรียนนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปอธิบายสถานการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 168) ได้จำแนกวงจรการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย (descriptive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้ นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้โดยไม่มีการอธิบายเหตุและผลของสถานการณ์นั้นๆ และไม่มีการปฏิบัติทดลองเพื่อนำเสนอข้อมูลที่ได้ โดยครูจะเป็นผู้แนะนำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ให้

2. วงจรการเรียนรู้แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (empirical inductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ แล้วตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้สำหรับสถานการณ์นั้นๆ โดยใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปมัย โดยมีครูเป็นผู้คอยแนะนำ จากนั้นนักเรียนทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) เพื่อ

ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้กับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนด

3. วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนกำหนดและทดสอบสมมติฐานเชิงเหตุผล (causal hypothesis) จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ด้วยตนเอง โดยออกแบบและปฏิบัติทดลองหรือศึกษาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ จากนั้นเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการศึกษานั้นเพื่อสร้างมโนทัศน์ แล้วใช้มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

จากการศึกษาประเภทของวงจรการเรียนรู้ที่นักการศึกษาได้จำแนกไว้สรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามบทบาทของผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนการสอน คือ

1. วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย (descriptive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้ นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้โดยไม่มีการอธิบายเหตุและผลของสถานการณ์นั้นๆ และไม่มีการปฏิบัติทดลองเพื่อนำเสนอข้อมูลที่ได้ โดยครูจะเป็นผู้แนะนำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ให้

2. วงจรการเรียนรู้แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (empirical inductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ แล้วตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้สำหรับสถานการณ์นั้นๆ โดยใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปมัย โดยมีครูเป็นผู้คอยแนะนำ จากนั้นนักเรียนทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้กับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนด

3. วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนกำหนดและทดสอบสมมติฐานเชิงเหตุผล (causal hypothesis) จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ด้วยตนเอง โดยออกแบบและปฏิบัติทดลองหรือศึกษาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ จากนั้นเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการ

ทดลองหรือการศึกษานั้นเพื่อสร้างมโนทัศน์ แล้วใช้มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

1.4 วงจรการเรียนรู้กับการสอนวิทยาศาสตร์

วงจรการเรียนรู้ถูกพัฒนาเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดย โรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) และคณะ ในปี ค.ศ. 1961เพื่อใช้สำหรับโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) โดยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) 2) ขั้นการสร้างความรู้ (invention) และ 3) ขั้นการค้นพบ (discovery) ซึ่งต่อมา บาร์แมน (Charles R. Barman) ได้เปลี่ยนชื่อขั้นตอนที่ 2 และ 3 ใหม่ ตามสิ่งที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้น จากเดิมเป็นขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept instruction) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ตามลำดับ โดยขั้นตอนเหล่านี้ได้ดำเนินตามกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาตามแนวคิดของเพียเจต์ (matin, Jr. and et el., 1994: 202; Carin, 1993: 87) และภายหลังที่วงจรการเรียนรู้ได้ถูกพัฒนาขึ้น ได้มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายคนได้ให้ความสนใจ และกล่าวถึงประโยชน์และคุณค่าของวงจรการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 107) กล่าวไว้ว่า “ การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายให้นักเรียนได้ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานและวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์”

คาริน (Carin, 1993: 64) กล่าวไว้ว่า “ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น และสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้เรียนรู้ได้”

เกกาและปีเตอร์ (Gega and Peters, 1998: 96) กล่าวไว้ว่า “ การใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยถ่ายทอดความหมายของทักษะและศัพท์ต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สู่ประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน”

จากประโยชน์และคุณค่าของวงจรการเรียนรู้ที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ข้างต้นได้กล่าวไว้สรุปได้ว่า การใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนได้ใช้

วิธีสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ได้ทักษะและศัพท์ต่างๆ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียนรู้ได้

2.วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชั้น

2.1 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle: MLC) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่นำแนวคิดเมตาคอกนิชันมาผสมผสานกับวงจรการเรียนรู้ 4 ขั้นของ Barman (1997) โดยเพิ่มการถามนักเรียนเพื่อตรวจสอบสถานะ (status check) ของมโนทัศน์ซึ่งเงื่อนไขนั้นอยู่ภายใต้ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Posner et al (1982) ดังนั้น แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันนี้ ประกอบด้วย แนวคิดเกี่ยวกับเมตาคอกนิชัน และทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change Theory)

1) แนวคิดเกี่ยวกับเมตาคอกนิชัน

1) ความหมายของเมตาคอกนิชัน

ฟาเวลล์ (Flavell, 1979: 906-911) ให้ความหมายว่า “เมตาคอกนิชัน หมายถึง การที่บุคคลรู้ถึงกระบวนการคิด สิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิดของตนเอง อาจะปรากฏเป็นความรู้หรือเป็นกิจกรรมทางการคิดที่มีเป้าหมาย มีทิศทาง หรือเรียกว่าเป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด”

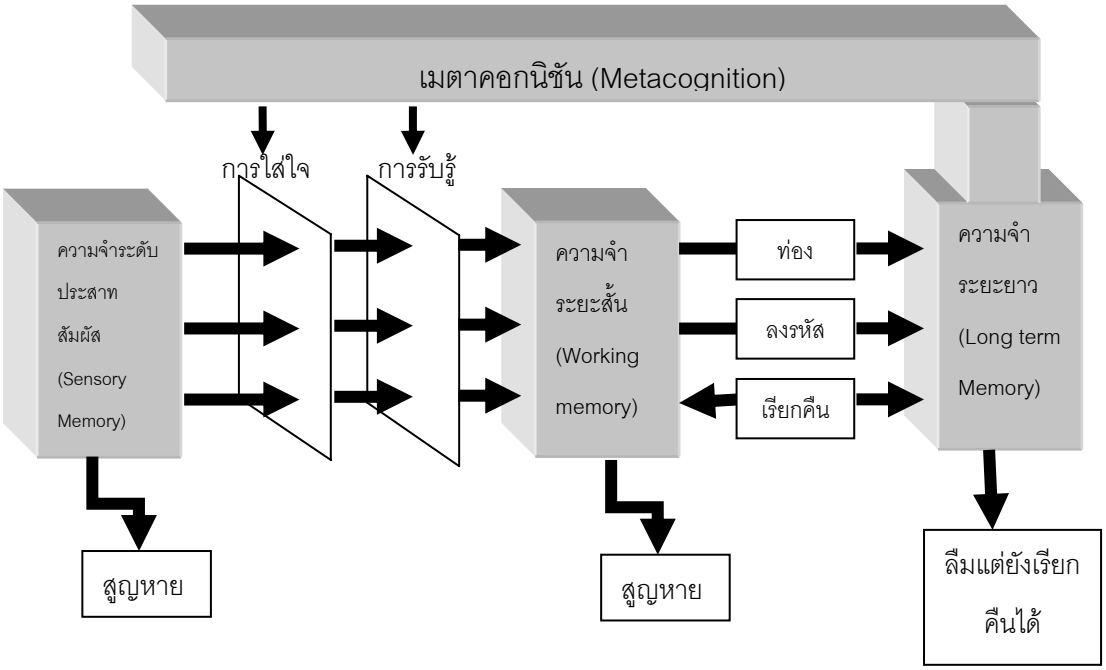
เดอร์รี่ และเมอร์ฟี่ (Derry and Murphy, 1986: 9) ให้ความหมายว่า “เมตาคอกนิชัน หมายถึง ความตระหนักและความรู้ของผู้เรียนในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นความสามารถหรือนิสัยที่จะควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนเองระหว่างการเรียน”

เบเยอร์ (Beyer, 1997: 99) ให้ความหมายว่า “เมตาคอกนิชัน เป็นความคิดในระดับสูงที่เกี่ยวข้องกับการกำกับ การควบคุม หรือการจัดการกับส่วนประกอบทางความคิดที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าลงมา โดยมีความรู้ทำหน้าที่ในการสื่อสารข้อมูล และการควบคุมทำหน้าที่ในการสั่งการ”

จากการศึกษาความหมายของเมตาคอกนิชัน สรุปว่า เมตาคอกนิชัน หมายถึง การรู้คิดของบุคคลในกระบวนการคิดของตนเอง โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหาหรือข้อมูล การวางแผนกำกับ และการประเมิน

2) กรอบทฤษฎีการประมวลข้อมูล (Information Processing Theory) กับแนวคิดเมตาคอกนิชัน

ครอสไมเอร์ (Klausmeier: 1985 อ้างถึงใน ศิรินธร วิทยะสิรินันท์ และคณะ, 2544: 27-30) ได้อธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์โดยการเปรียบเทียบกับการทำงานของคอมพิวเตอร์กับการทำงานของสมอง ซึ่งมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้ 1) การรับรู้ข้อมูล (Input) โดยผ่านทางอุปกรณ์หรือเครื่องรับข้อมูล 2) การเข้ารหัส (encoding) โดยอาศัยชุดคำสั่งหรือซอฟแวร์ 3) การส่งข้อมูลออก (output) โดยผ่านทางอุปกรณ์เปรียบเทียบได้กับกระบวนการประมวลผลข้อมูลของสมองมนุษย์โดยเริ่มจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้ามาทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 สิ่งเร้าที่เข้ามาจะได้รับการจดบันทึกไว้ในความทรงจำระยะสั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ การรู้จัก และความสนใจของบุคคลที่รับสิ่งเร้า ซึ่งในการทำงานต้องมีการเก็บข้อมูลไว้ชั่วคราว อาจจะจำเป็นต้องใช้เทคนิคต่างๆ ในการช่วยจำ เมื่อบุคคลต้องการจะเก็บข้อมูลที่เข้ามาใช้ในภายหลัง ข้อมูลนี้จำเป็นจะต้องได้รับการประมวลผลและเปลี่ยนรูปโดยการเข้ารหัสเพื่อเก็บไว้ในความจำระยะยาวซึ่งอาจจะต้องใช้เทคนิคต่างๆ เข้าช่วย เพื่อทำความเข้าใจในข้อมูลนั้นหรือทำให้ข้อมูลนั้นมีความหมายกับตนเอง โดยสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งเก่าที่ได้เคยเรียนรู้มาก่อน กระบวนการทางสมองในการประมวลผลดังกล่าว จะได้รับการบริหารอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งหากเทียบกับคอมพิวเตอร์แล้ว ก็คือ โปรแกรมสั่งงานหรือ “software” การบริหารควบคุมการประมวลข้อมูลของสมองก็คือ การที่บุคคลรู้ถึงการคิดของตนเอง สามารถควบคุมการคิดของตนให้เป็นไปในทางที่ตนต้องการ และสามารถเลือกวิธีการคิดของตนเองเพื่อให้การคิดเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด การรู้ในลักษณะนี้เรียกว่า เมตาคอกนิชัน หรือการควบคุมการคิด ซึ่งหมายถึงการตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้และความสามารถของตนเอง สามารถใช้ความเข้าใจในการรู้ดังกล่าวในการจัดการควบคุมระบบการคิด การทำงานของตน



แผนภาพที่ 1 เมตาคอกนิชัน หรือกระบวนการควบคุมการรู้คิดในกรอบทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Eggen and Kauchak, 1997: 206)

จากแผนภาพที่ 1 สามารถอธิบายเมตาคอกนิชันในกรอบทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลได้ว่า กระบวนการเรียนเริ่มตั้งแต่การใส่ใจ การรับรู้.นั่นคือ เมตาคอกนิชันให้เป้าหมายแก่ความใส่ใจของผู้เรียน และมีบทบาทในการรับรู้ โดยการตระหนักว่าตนอาจจะมีการรับรู้บางอย่างผิดพลาด จึงชะลอการตัดสินใจเอาไว้จนกว่าจะมีข้อมูลเพียงพอ แสดงว่ามีความตระหนักรู้และมีการควบคุมการรับรู้ของตนเอง เมตาคอกนิชันยังช่วยกำกับการไหลของข้อมูลเข้าสู่ความทรงจำระยะสั้น นอกจากนี้เมตาคอกนิชันยังเกี่ยวข้องกับการตระหนักรู้และควบคุมความจำระยะยาวตลอดจนการลงรหัสด้วย

2) **ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์** (Conceptual Change Theory)

ทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change Theory) กล่าวว่า การเรียนรู้เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหม่กับมโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่ กล่าวได้ว่าการเรียนรู้ว่าประกอบด้วยสองกระบวนการ คือ

1. กระบวนการดูดซึม “assimilation” (Piaget, 1955) หรือ “conceptual capture” (Hewson & Hewson, 1992) โดยกระบวนการนี้ จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้ดูดซึมมโนทัศน์ใหม่โดยผู้เรียนมีความเข้าใจได้ (Intelligibility) เป็นไปได้ (Plausibility) และมโนทัศน์ใหม่มีประโยชน์ (Fruitfulness) โดยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ง่ายเนื่องจาก ผู้เรียนมักจะยอมรับมโนทัศน์ใหม่ได้โดยง่ายเมื่อมโนทัศน์ใหม่นั้นสอดคล้องกับมโนทัศน์พื้นฐานที่ผู้เรียนมีอยู่ ดังนั้นในกรณีที่ผู้เรียนมีมโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้องอยู่แล้ว ครูควรนำเสนอมโนทัศน์ใหม่ ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์พื้นฐาน และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มองเห็นว่ามโนทัศน์ที่ถูกต้องเหล่านี้ มีความเข้าใจได้เป็นไปได้ และมีประโยชน์ มากยิ่งขึ้น

2. กระบวนการปรับให้เหมาะ “accommodation” (Piaget, 1955) หรือ “conceptual exchange” (Hewson & Hewson, 1992) โดยกระบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อมโนทัศน์ใหม่ไม่สอดคล้องกับมโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่ ผู้เรียนจึงพยายามปรับเปลี่ยนมโนทัศน์พื้นฐานที่คลาดเคลื่อนเพื่อให้สอดคล้องกับมโนทัศน์ใหม่ โดย Posner el al. (1982) ได้ให้ความเห็นว่ากระบวนการปรับให้เหมาะนี้เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนเกิดความไม่พึงพอใจในมโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่ (Dissatisfaction) และเห็นว่า มโนทัศน์ใหม่มีความความเข้าใจได้ (Intelligibility) เป็นไปได้ (Plausibility) และ มีประโยชน์ (Fruitfulness)

2.2 ความเป็นมาของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันถูกพัฒนาขึ้นโดย ลิซา เอม แบงลค์(Lisa M Blank, 1999: 489) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ของภาควิชาหลักสูตร และการสอน มหาวิทยาลัยมอนทานา ประเทศสหรัฐอเมริกา วงจรการเรียนรู้ดังกล่าวได้นำแนวคิดเมตาคอกนิชันมาผสมผสานกับวงจรการเรียนรู้ 4 ขั้นของ Barman (1997) และตั้งชื่อว่า วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle: MLC) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบสถานะ (status check) ของมโนทัศน์พื้นฐานและในการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนให้เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง โดยเป็นไปตามเงื่อนไขการเปลี่ยนมโนทัศน์ของ Posner et al. (1982) 4 ข้อ ได้แก่ 1) การไม่พึงพอใจ (Dissatisfaction) 2) ความเข้าใจได้ (Intelligibility) 3) ความเป็นไปได้ (Plausibility) และ 4) การนำไปใช้ประโยชน์ (Fruitfulness)

2.3 ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

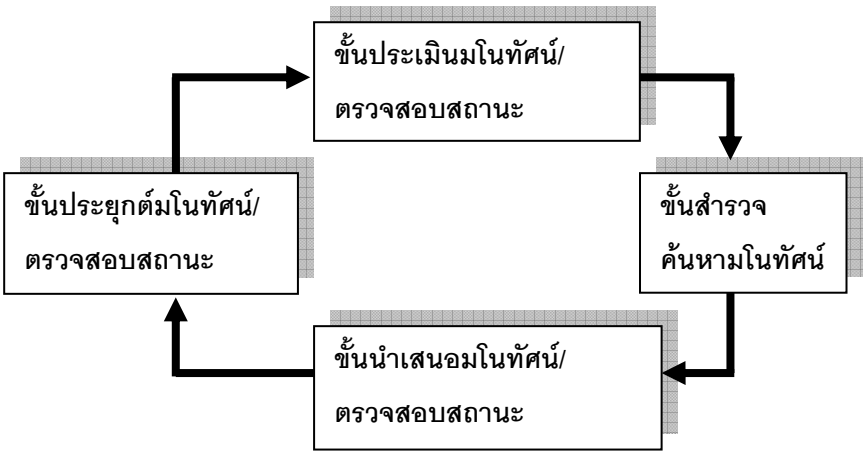
1. **การประเมินมโนทัศน์/ ตรวจสอบสถานะ** (Concept Assessment/ Status Check) ในขั้นนี้นักเรียนตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐานว่าเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง หรือคลาดเคลื่อน โดยการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น ถ้าพบว่ามโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่นั้นคลาดเคลื่อนต้องมีการแก้ไขให้เป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้อง

2. **ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนทัศน์** (Concept Exploration) ขั้นนี้นักเรียนออกแบบวิธีการสำรวจ ค้นหา มโนทัศน์ที่จะศึกษา ดำเนินการศึกษาตามวิธีการที่ได้ออกแบบ

3. **ขั้นนำเสนอมโนทัศน์/ ตรวจสอบสถานะ** (Concept Introduction/ Status Check) ขั้นนี้นักเรียนนำเสนอผลการดำเนินการ วิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งตรวจสอบมโนทัศน์ที่ได้โดยวิธีการต่างๆ

4. **ขั้นประยุกต์มโนทัศน์/ตรวจสอบสถานะ** (Concept Application/ Status Check)ขั้นนี้นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้มาใช้ในสถานการณ์ใหม่ และตรวจสอบมโนทัศน์ว่ามีประโยชน์ นำไปใช้แก้ปัญหาได้

วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน สามารถเขียนเป็นแผนภาพ ดังนี้



ภาพที่ 2 วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Lisa M Blank, 1999: 489)

2.4 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยเมตาคอกนิชัน

จากการศึกษาวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันสามารถสรุปบทบาทครูและบทบาทนักเรียนได้ดังนี้

ตารางที่ 1 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นประเมินมโนทัศน์ / ตรวจสอบสถานะ	1. ตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐานของนักเรียน 2. แก้ไขมโนทัศน์พื้นฐานที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้องโดยการให้นักเรียนตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์ 3. เชื่อมโยงความสำคัญของมโนทัศน์พื้นฐานไปสู่มโนทัศน์ใหม่ 4.ตั้งคำถามเพื่อเชื่อมไปขั้นการสำรวจมโนทัศน์	1. ตอบคำถามเพื่อแสดงมโนทัศน์พื้นฐาน แสดงเหตุผลสนับสนุนการเชื่อมโนทัศน์นั้น 2. ตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์พื้นฐาน
ขั้นสำรวจ ค้นหามโนทัศน์	1. จัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรม 2. ให้คำปรึกษา กระตุ้น แนะนำนักเรียนในการทำกิจกรรม	2. ออกแบบกิจกรรมที่ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ วิธีทดลอง การบันทึกผล โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ตามที่ครูจัดหา 3. ลงมือปฏิบัติกิจกรรมโดยการสังเกต ตั้งคำถาม สำรวจ ทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล จดบันทึก โดยอาจเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล 3. รวบรวมข้อมูลเตรียมนำเสนอผลการทดลอง

ขั้นตอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นนำเสนอมโนทัศน์/ตรวจสอบสถานะ	1. ให้โอกาสนักเรียนนำเสนอผลการทำกิจกรรม 2. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายเพื่อลงข้อสรุป 3. ใช้คำถาม เพื่อทดสอบความรู้ของมโนทัศน์เรื่องนั้นๆ	1. นำเสนอผลการทดลอง 2. ตอบคำถาม และร่วมอภิปรายเพื่อลงข้อสรุป 3. นำเสนอมโนทัศน์ 4. ตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์ที่ได้มา
ขั้นประยุกต์มโนทัศน์/ตรวจสอบสถานะ	1. จัดหาสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ ที่นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์มาอธิบาย หรือแก้ปัญหาได้ 2. กระตุ้นให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ใหม่มาอธิบาย หรือแก้ปัญหา 3. ร่วมอภิปราย ตอบคำถาม แนะนำ ในประเด็นที่นักเรียนสงสัย	1. นำมโนทัศน์ใหม่มาอธิบายแก้ปัญหา ในสถานการณ์ใหม่ หรือปัญหาใหม่ 2. ลงข้อสรุปว่ามโนทัศน์ใหม่นั้นทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่มากขึ้น สอดคล้องกับความรู้อื่นที่นักเรียนเคยเจอมาก่อน และสามารถนำมาใช้อธิบาย หรือแก้ปัญหาได้จริง 3. ตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์ที่ได้มา

3. มโนทัศน์

3.1 ความหมายของมโนทัศน์ และความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3.1.1 ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ (Concept) มีผู้ใช้คำนี้ในความหมายเดียวกันในอีกหลายคำ เช่น มโนมติ มโนคติ มโนภาพ สังกัป ซึ่งนักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศได้ให้ความหมายคำว่า มโนทัศน์ ไว้ดังนี้

กู๊ด (Good, 1959: 118) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

1. แนวคิดที่แสดงความหมายของสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือคุณสมบัติโดยมีลักษณะที่แตกต่างกันโดยการจำแนกเป็นกลุ่ม หรือจำแนกประเภท
2. แนวคิดทั่วไปหรือนำเสนอเชิงนามธรรมของสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ
3. ความคิด ความคิดเห็น แนวคิด หรือมโนภาพ

เพจ และโทมัส (Page and Thomas, 1977: 81) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์ คือ ความคิดภายในใจของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ที่มาจากกระบวนการจำแนกประเภท

นิโกะ (Niko, 2007: 209) กล่าวว่ามโนทัศน์ คือ ลำดับชั้น หรือประเภทของสิ่งที่เหมือนกัน ได้แก่ วัตถุ คน เหตุการณ์ หรือความสัมพันธ์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 126) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง การนำความจริงเดี่ยวหลายอันที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานเป็นรูปใหม่ ซึ่ง เรียกว่า ความคิดรวบยอด เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับความหนาแน่นของสาร การเจริญเติบโต เกลือ การแพร่ ธาตุ เป็นต้น

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 41) กล่าวว่า มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือรับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

จากความหมายของคำว่า มโนทัศน์ สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ ความคิดสำคัญ ความเข้าใจที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งของบุคคล สิ่งนั้นได้แก่ วัตถุ คน เหตุการณ์ ความสัมพันธ์ โดยเกิดจากการสังเกตหรือรับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

3.1.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

คลูเปอร์ (Klopler, 1971) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

คาริน (Carin, 1989: 7) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรวมจิตใจเกี่ยวกับโลกบนพื้นฐานของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

Geore (1974: 16) ได้กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ รูปแบบของความเข้าใจสิ่งแวดล้อมรอบตัวที่ง่ายที่สุด และเป็นการลงความคิดเห็นหรือขยายความเข้าใจเกี่ยวกับการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อม

AAAs (1990) ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Science concepts) ว่าเกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่างๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลานั้นๆ

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2531: 50) ได้กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ แนวคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือสถานการณ์ต่างๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

จากความหมายของคำว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดหลัก รูปแบบความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ที่มาจากการสังเกต การเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่

3.2 ประเภทของมโนทัศน์ และประเทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3.2.1 ประเภทของมโนทัศน์

นักการศึกษาได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กาเย่ (Gagne,1970) อ้างถึงใน Niko(2007: 209-210) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม(Concrete concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพที่สัมผัสได้คล้ายกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า

2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (defined concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่สามารถกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายกัน ลักษณะดังกล่าวไม่

สามารถสัมผัสได้โดยประสาทสัมผัสและมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่นๆ อาจจะเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์(relation concept)

กิบสัน (Gibson,1980: 276) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม(concrete concept) คือ ความคิดที่เชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้ เช่น บ้าน นักเรียน ครู ขนาด สี

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract concept) คือ ความคิดที่ไม่สามรถเชื่อมโยงไปสู่วัตถุที่สังเกตได้ อีกนัยหนึ่งก็คือ คำนิยามของมโนทัศน์

ดีเชคโค (Decco, 1974: 390) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงเชื่อมโยง (conjunction concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมของลักษณะหลายๆ ลักษณะที่มีส่วนคล้ายคลึงกัน อาทิ การจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่มเฉพาะ เช่น สุนัข ต้องกำหนดลักษณะร่วมของคุณค่าที่เหมาะสมของแต่ละลักษณะ มโนทัศน์ประเภทนี้ง่ายต่อการสอนและการเรียนรู้

2. มโนทัศน์เชิงตรงกันข้าม (disjunctive concepts)คือ คุณค่าของสิ่งที่เหมาะสมของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือทั้งสองลักษณะที่ปรากฏอยู่ ตัวอย่าง เช่น การสไตร์ (skrike) ในกีฬาเบสบอล การยิงจุดโทษในกีฬาฟุตบอล และการวอร์ค(walk) ในกีฬาบาสเก็ตบอล ซึ่งเป็นพฤติกรรมของนักกีฬาพฤติกรรมหนึ่ง หรือหลายพฤติกรรมที่แสดงออกขณะแข่งขัน

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relational concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมอย่างหนึ่งที่มีความสัมพันธ์อย่างจำเพาะระหว่างลักษณะ เช่น ระยะทางและทิศทาง

จาคอบเซน และคณะ (Jacobsen et al, 1985: 36-38) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์ลำดับสูง (super ordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับสูงสุด เช่น สัตว์จำพวกนก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์เลื้อยคลาน แม้ว่าจะจัดอยู่ในกลุ่มต่างกัน แต่โดยรวมแล้วทั้ง 3 ชนิดจัดอยู่ในกลุ่มสัตว์ (animals) เหมือนกัน ซึ่งมโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยกัน โดยจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่างๆ จากใหญ่ที่สุดไปเล็กที่สุดได้

2. มโนทัศน์ร่วม (coordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน แม้จัดอยู่คนละกลุ่ม แต่ก็ยังมีบางส่วนที่เหมือนกันอยู่ เช่น เมื่อพิจารณาสัตว์จำพวกนก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์เลื้อยคลานทั้ง 3 กลุ่มนี้ยังมีลักษณะคล้ายกันอยู่

3. มโนทัศน์ลำดับรอง (subordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัพพันธ์จัดอยู่ในลำดับรองลงมา เช่น สัตว์จำพวกนก จัดอยู่ในลำดับย่อยของกลุ่มสัตว์

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์มี 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concept) คือ ความคิด หรือกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพที่สังเกตได้ สัมผัสได้

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract concept) คือ ความคิด หรือกลุ่มที่ไม่สามารถสังเกต หรือสัมผัสลักษณะทางกายภาพได้

3.2.2 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

กิบสัน (Gibson, 1980); Good and Brophy(1980) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์ที่เป็นรูปธรรม(Concrete concept) ใช้ในการอธิบายสิ่งที่มองเห็น สัมผัส ได้ยิน สูดดม หรือลิ้มรสได้ หรือกล่าวได้ว่าใช้อธิบายสิ่งที่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส

2. มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม (Abstract concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีความสลับซับซ้อนกว่าแนวคิดที่เป็นรูปธรรมเพราะใช้ในการอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส

ลอว์สัน (Lawson, 2000: 996-1018) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส โดยเฉพาะประสาทสัมผัสทางตา แต่สามารถรับรู้ได้จาก

แนวคิด ทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์เสนอ เช่น มโนทัศน์ของอะตอม อิเล็กตรอน รวมถึงมโนทัศน์ของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของอะตอมหรือโมเลกุล เช่น การแพร่ กระบวนการออกซิเดชัน

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (descriptive concepts) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยตรง หลายๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญของวัตถุหรือเหตุการณ์เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น เช่น มโนทัศน์ของรถยนต์ ถนน การวิ่ง รวมถึงมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับตำแหน่งและขนาด เช่น ซ้าย ขวา ใหญ่ เล็ก

3. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก (intermediate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถรับรู้ได้ เช่น มโนทัศน์ของกระบวนการเปลี่ยนแปลงของแผ่นเปลือกโลก การรับรู้หรือการเกิดมโนทัศน์ประเภทนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะเวลาที่จะสังเกตสถานการณ์นั้นๆ

โรมี (Romey, 1968: 117) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายลักษณะร่วม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุ หรือสถานการณ์นั้นๆ

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (correlation concepts) เป็นมโนทัศน์ที่บอกความสัพพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกัน เช่น แรงเป็นอำนาจผลักหรือดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ได้

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531) แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งประเภท เป็นการกำหนดสมบัติร่วมของสิ่งต่างๆไว้เป็นพวกๆหรือใช้บรรยายถึงสิ่งนั้นให้เข้าใจตรงกัน

2. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกันซึ่งช่วยในการพยากรณ์หรือคาดการณ์ล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้นได้

3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี เป็นการกำหนดสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีจริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุน

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามการสังเกตได้ หรือสังเกตไม่ได้

1. มโนทัศน์ที่เป็นรูปธรรม(Concrete concept) ใช้ในการอธิบายสิ่งที่มองเห็น สัมผัส ได้ยิน สูดดม หรือลิ้มรสได้ หรือกล่าวได้ว่าใช้อธิบายสิ่งที่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส

2. มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรม (Abstract concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีความสลับซับซ้อนกว่าแนวคิดที่เป็นรูปธรรมเพราะใช้ในการอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัส

3.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

เจกินส์และดีโน (1971 อ้างถึงใน Niko, 2004: 205) ได้เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์มี 4 วิธี คือ

1. กำหนดให้นักเรียนเขียนคำนิยาม(definition) ของมโนทัศน์ โดยการทำแบบทดสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

2. กำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

3. กำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดที่เป็นตัวอย่างและสิ่งใดที่ไม่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

4. กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนทัศน์เพื่อระบุองค์ประกอบและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือปรนัย

โอดัมและแบร์โรว์ (Odum and Barrow, 1995: 50) กล่าวว่าแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ดีในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยโอดัมและเคลลีได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ และการสัมภาษณ์

2. สร้างแบบวัดมโนทัศน์ แบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน คือ

2.1 ตอนที่หนึ่ง เป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัว

2.2 ตอนที่สอง เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกไว้ในตอนที่หนึ่ง ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.2.1 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.2.2 เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

3. นำแบบวัดไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

Cruickshank et al (1995: 308-312) ได้เสนอประเภทของแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2 ประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ ดังนี้

1. แบบวัดที่สร้างการตอบสนองเอง (Created Response Item) เป็นแบบวัดแบบอัตนัยซึ่งต้องการให้นักเรียนเรียบเรียงคำตอบด้วยคำของตนเองมากกว่าการเลือกตอบที่เหมาะสมจากที่กำหนดให้ ซึ่งการเขียนตอบจะแสดงออกถึงระดับสติปัญญา (cognitive level) องค์ความรู้ที่มีและมโนทัศน์ของนักเรียน

2. แบบวัดที่ตอบสนองจากสิ่งที่กำหนดให้ (Selected Response Item) ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบจับคู่ถูกผิด ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ลงในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่าเนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดไม่มาก และครูประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้

จาคอบเซน และคณะ (Jacobsen et al, 1985: 280-283) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ ดังนี้

1. ให้นักเรียนเขียนความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย

2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่อธิบายความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

3. ให้นักเรียนเลือกวงกลมหรือขีดเส้นใต้สิ่งที่จัดในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

4. ให้นำคำศัพท์นั้นมาประยุกต์ใช้ อาจจะนำมาแต่งประโยคใหม่

Ramlo, Susan (2002) ได้พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ชื่อว่าแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ (The Force and Motion conceptual Evaluation) มีลักษณะดังนี้

1. เป็นแบบวัดแบบจับคู่ โดยมีชุดของคำตอบประมาณ 6-7 ตัวเลือก และมีชุดของคำถามประมาณ 4-5 คำถาม

2. นักเรียนอ่านข้อความที่แสดงสถานการณ์ อาจมีรูปภาพประกอบ

3. นักเรียนเลือกข้อคำตอบที่ถูกต้องที่สุดให้ตรงกับข้อคำถาม

4. ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

4.1 ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

จากการศึกษาความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลจากเอกสาร ตำรา บทความของหน่วยงานและนักวิชาการต่างๆ พบว่า มีการใช้คำว่าการคิดอย่างมีเหตุผล การคิดเชิงเหตุผล ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล เป็นคำแปลของคำว่า Ability in reasoning thinking ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลไว้ดังต่อไปนี้

กู๊ด (Good, 1945: 332) ได้ให้ความหมายของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ดังนี้ ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการทางสมองในอันที่จะลงความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง และปรากฏการณ์ สามารถสรุปผลจากเหตุหรือข้อสมมติได้

ฟรีแมน (Freeman, 1988: 3-4) กล่าวถึงความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลว่า มีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา การหาทางออกของปัญหา ประเมินว่าวิธีไหนดีที่สุดและปฏิบัติตามทางเลือกนั้น เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยความพอใจและยอมรับในวิธีแก้ปัญหาเมื่อได้รับเหตุผลที่ถูกต้องพียงพอและสามารถเข้าใจเหตุผลนั้นได้

ลิบแมน (Lipman, 2003: 179) กล่าวถึงความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลว่า การฝึกความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลต้องเริ่มจากการอ้างเหตุผลหรือสร้างข้อสรุปจากหลักฐานที่มีจริง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นในสิ่งที่ได้ค้นพบ และพยายามหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะได้ว่าเรื่องใดเป็นเรื่องจริงและเรื่องใดไม่จริง พร้อมทั้งสามารถพิสูจน์ในสิ่งที่ไม่น่าเชื่อถือได้เพื่อให้การอ้างเหตุผลของผู้เรียนมีความน่าเชื่อถือและมีความถูกต้อง

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540: 34) ได้ให้ความหมายว่า ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลเป็นทักษะหนึ่งของการคิดที่เป็นแกนหรือทักษะการคิดทั่วไปที่จำเป็นต้องใช้อยู่เสมอในการดำรงชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานของการคิดขั้นสูงที่มีความสลับซับซ้อนซึ่งคนเราจำเป็นต้องใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาการต่างๆ ตลอดจนการใช้ชีวิตอย่างมีคุณค่า

จากการศึกษาความหมายของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการทางสมองในอันที่จะลงความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง และปรากฏการณ์สามารถสรุปผลจากเหตุหรือข้อสมมติได้

4.2 ประเภทของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

4.2.2 ประเภทของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

นักการศึกษาได้จำแนกประเภทของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ดังนี้

คาพลัส (Karplus, 1977: 170-177) ได้อธิบายความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของเด็กในขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม และขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม ดังนี้

1. ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบรูปธรรม (Concrete Reasoning Pattern: C)

C_1 (Classification) สามารถจำแนกและรวบรวมกลุ่มสิ่งของโดยอาศัยเกณฑ์การสังเกตคุณสมบัติของสิ่งเหล่านั้น เช่น สามารถบอกความแตกต่างของกรดและเบส โดยการสังเกตสีของกระดาษลิตมัสที่เปลี่ยนแปลงและมีความเข้าใจที่เป็นตรรกศาสตร์

C_2 (Conservation) สามารถคิดอย่างเป็นเหตุผลเรื่องการอนุรักษ์ โดยปริมาตรของสารคงที่ เมื่อไม่มีการนำเพิ่ม หรือนำออกไป เช่น การเทน้ำออกจากแก้วน้ำลงในกระบอกตวง ปริมาณน้ำจากแก้วในครั้งแรกจะเท่ากับปริมาตรของน้ำในกระบอกตวง

C_3 (Serial Ordering) สามารถจัดอันดับแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ จากการสังเกตคุณสมบัติและเริ่มใช้วิธีการจำคู่ (One-to-one Correspondence) ระหว่างสิ่งของ 2 กลุ่ม เช่น สัตว์ขนาดเล็กจะมีจังหวะการเต้นของหัวใจเร็วกว่า สัตว์ที่มีขนาดใหญ่

2. ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนามธรรม (Formal Reasoning Patterns : F)

F_1 (Theoretical Reasoning) สามารถจัดแบ่งกลุ่มสิ่งที่ซับซ้อนมากขึ้น ใช้ตรรกะช่วยในการจัดอันอับและความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ไม่จำเป็นต้องอาศัยคุณสมบัติที่สังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 นอกจากนี้ยังยอมรับข้อสมมติฐานใดๆ ที่ขัดแย้งกับตนเองได้

F_2 (Combination Reasoning) สามารถใช้กฎเกณฑ์พิจารณาลักษณะผสมของการคิดในปัญหาต่างๆ เช่น เข้าใจลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงปรากฏ และลักษณะแฝงตั้งแต่ 2 จำนวน ขึ้นไป

F_3 (Functionally and Proportional Reasoning) สามารถอธิบาย และตีความของลักษณะหน้าที่ในลักษณะความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ เช่น การอธิบายถึงความเร็วของวัตถุว่ามีค่าแปรผันตรงกับระยะทางที่เคลื่อนที่ได้

F_4 (Control of Variable) มีความเข้าใจในความจำเป็นที่จะออกแบบการทดลองโดยการใช้การควบคุมตัวแปรื่นๆ นอกจากตัวแปรที่ต้องการทดสอบเท่านั้น

F_5 (Probability and Correlation Reasoning) สามารถตีความจากการสังเกตตัวแปรอื่นๆ ซึ่งแสดงผลที่ไม่คาดหวังไว้ แต่จะตีความเฉพาะตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เท่านั้น

2.1.1 ลักษณะความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนามธรรม

ในช่วงที่เด็กเริ่มเข้าสู่วัยรุ่น จะมีความรู้สึกนึกคิด ที่พัฒนาเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ เพียเจย์เรียกลักษณะขั้นการเจริญเติบโตทางสติปัญญาของเด็กในวัยนี้ว่า ขั้นที่มีแนวคิดปฏิบัติการแบบนามธรรม (formula operation)ซึ่งตรงกับช่วงอายุ 11-15 ปีรูปแบบของการกระทำที่เป็นเหตุเป็นผลของเด็กเมื่อย่างเข้าสู่วัยนี้ จะเป็นระบบและการใช้กระบวนการคิดอย่างสลับซับซ้อน เริ่มขยายวงจากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ออกไป โดยนำความคิดที่เป็นประสบการณ์เดิม ความคิดที่เป็นนามธรรมเป็นข้อมูลประกอบการคิดมากขึ้น การพัฒนาด้านการคิดดังกล่าว ทำให้เด็กในวัยนี้สามารถเผชิญปัญหาในรูปแบบต่างๆ โดยใช้ความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

1. เหตุผลเชิงนามธรรม (Abstract Reasoning) มีการใช้หลักการหรือแนวคิดที่เป็นผู้ใหญ่ มีความสลับซับซ้อนในการใช้เหตุผล เช่น การรู้จักการใช้เหตุผลเป็นขั้นตอน รวบรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน ใช้ความคิดใคร่ครวญแล้วจึงแสดงออกมาเป็นการกระทำอย่างถูกกาลเทศะ รู้จักการใช้การคาดการณ์เชิงคณิตศาสตร์ และสามารถใช้การวิพากษ์วิจารณ์ ได้อย่างมีหลักเกณฑ์

2. สามารถตั้งสมมติฐานเชิงใช้เหตุผลแบบอนุมานได้ (Hypothetical Deductive) เป็นการเริ่มต้นกระบวนการแก้ปัญหาโดยการคาดการณ์สถานการณ์ไว้ก่อน และพยายามสรุปโดยใช้เหตุผลเชิงอนุมาน เช่น เด็กคนหนึ่งคิดว่าอยากได้รถของเล่น วิธีที่จะได้มาคือ การไปขอเงินพ่อแม่ แต่ในขณะเดียวกันเขาก็มีความคิดที่ขัดแย้งเกิดขึ้นมาว่า พ่อแม่เขาคงไม่ให้แน่ๆ จึงทำให้คิดต่อไปว่า ฉะนั้นเขาจะต้องหาเงินเองโดยการทำงานพิเศษและเก็บสะสมเงินไว้สำหรับซื้อรถของเล่น ข้อสรุปสุดท้ายนี้เป็นความคิดเชิงเหตุผลแบบอนุมานที่เด็กคนนี้ใช้ในการแก้ปัญหาของตนเอง

3. การอ้างเหตุผลเชิงตรรกวิทยา (Syllogistic Reasoning) เป็นการตั้งสมมติฐานเชิงใช้เหตุผลแบบอนุมานชนิดหนึ่ง โดยจะให้ความคิดขั้นนามธรรมประเมินเหตุผลว่าเป็นจริงเสมอไปหรือไม่ เช่น

ก. คนไทยทุกคนต้องร้องเพลงชาติได้

ข. นายพรร้องเพลงชาติได้

ค. นายพรเป็นไทย

คำตอบในข้อ ค. อาจเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่ใช้ความคิดขั้นนามธรรมเพราะการสรุปว่านายพรเป็นคนไทยนั้น อาจจะไม่จริงเสมอไป การคิดเหตุผลแบบอนุมานแบบการอ้างเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ จึงเป็นขั้นก้าวหน้าขั้นหนึ่งก่อนการประเมินเพื่อลงความคิดเห็น

4. การสันนิษฐานความเป็นเหตุเป็นผล (Propositional Thinking) เป็นการคิดคาดการณ์เป็นขั้นๆ โดยให้เหตุผลต่างๆ เช่น

ก. อาจเป็นเช่นนี้ หรือเป็นเช่นนั้นได้

ข. อาจเป็นเช่นนี้ได้ และอาจเป็นเช่นนั้นได้

ค. อาจเป็นเช่นนี้ แต่ไม่เป็นเช่นนั้น

ง. อาจไม่เป็นทั้งเช่นนี้ และเช่นนั้น

5. เข้าใจเรื่องการสัมพันธ์ข้อมูล (Comprehension of Allegory) เป็นการนำประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมมาเปรียบเทียบกับสิ่งอื่น โดยอธิบายถึงความสัมพันธ์ของประเด็นต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้

6. การคิดย้อนกลับ (Reflexive Thinking) เป็นการใช้เหตุผลโดยการย้อนกลับความคิดที่ตนได้มีประสบการณ์มาก่อน เช่น การลงความเห็นจากข้อมูลที่ได้รับมาแล้ว เช่น “ ดำสูงกว่าแดง แดงสูงกว่าเขียว ถามว่าใครคือคนที่สูงสุด”

ขั้นการคิด ดำสูงกว่าแดง แดงสูงกว่าเขียว

เพราะฉะนั้น ดำสูงกว่าเขียว

คำตอบ ดำ คือ คนที่สูงสุด

7. หลักการใช้เหตุผลแบบผสมตัวแปรอย่างมีระบบ (combinatorial Logic) เป็นความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบหลายๆ ตัวแปร อย่างมีระบบ

8. เข้าใจเรื่องสัดส่วน (Propositional Thinking) เป็นการใช้ความคิดตามหลักการสัดส่วน สามารถหานำมาเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหาได้

9. การควบคุมตัวแปร (controls variable) เมื่อทำการทดลองหรือคิดแก้ปัญหาใดๆ ที่สลับซับซ้อนจะสามารถแยกแยะตัวแปรต่างๆ ที่เป็นปัญหาเสียก่อนและใช้วิธีการควบคุมตัวแปรหนึ่งไว้ในที่ตัวแปรอื่นเปลี่ยนไป เพื่อเก็บข้อมูลจากตัวแปรที่เปลี่ยนเท่านั้น

10.จำแนก จัดลำดับหมวดหมู่ เช่น สัตว์ พืช สิ่งของ จำแนกโดยใช้ชนิดเป็นเกณฑ์ตามที่เกิด ตามระบบอวัยวะ หรือตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

11.สามารถตั้งคำถามและยอมรับการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สามารถวิพากษ์วิจารณ์ เรื่องสิทธิเสรีภาพ มีเหตุผลเป็นของตนเอง

12.สามารถคิดแบบความน่าจะเป็น (Probability)

13.สามารถเข้าใจความคิดเชิงอุดมคติ และมีอุดมคติเป็นของตนเอง

4.3 ลักษณะของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลมี 2 แบบ คือ ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย

1. ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย(Deduction) เป็นการนำความรู้เดิมที่เป็นส่วนใหญ่มาเป็นข้ออ้างแล้วดูความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันกับอีกข้ออ้างหนึ่ง เพื่อสรุปเป็นความรู้ใหม่ที่เป็นส่วนย่อย การสรุปแบบนี้ไม่อาศัยประสบการณ์ ใช้ความคิดดูความสมเหตุสมผลของการอ้างและการสรุป โดยไม่พิจารณาความจริงหรือข้อเท็จจริงของข้อสรุปแต่อย่างใด ถือว่า ถ้าข้ออ้างทั้งหมดจริงข้อสรุปก็จริงด้วย ถ้าข้ออ้างทั้งหมดเป็นเท็จข้อสรุปก็เท็จด้วย หรือ การหาเหตุผลแบบนิรนัยเป็นการสรุปความใหม่จากความเดิมที่มีอยู่แล้ว โดยใช้การคิดตามหลักเหตุผล เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ออกมาจากความรู้เดิม

2. ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย (Induction) เป็นการนำความรู้ที่ได้จากการตัดสินใจจากประสบการณ์หลายๆ ครั้งมาเป็นข้ออ้างสนับสนุนหรือพิสูจน์ข้อสรุป ซึ่งข้อสรุปนี้ได้จากการสรุปความเหมือนหรือความสัมพันธ์ของข้ออ้าง ซึ่งได้จากประสบการณ์ส่วนย่อยบางส่วนหรือความจริงเฉพาะหน่วย แล้วนำมาสรุปเป็นคุณสมบัติความสัมพันธ์ของส่วนรวมทั้งหมด ซึ่งรวมไปถึงสิ่งที่ยังไม่มีประสบการณ์ด้วยเป็นความจริงทั่วไป

4.4 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

4.4.1 การวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย

การวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนับนั้นอาศัยหลักใหญ่ๆ 2 ประการ คือ ตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัว (The sixteen binary operations) และการให้เหตุผลแบบตรรกบท (Syllogism) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักเกี่ยวกับตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัว อินเฮลเดอร์และเพียร์เจต์ (Inhelder and Piaget, 1959: 103-104) ได้กล่าวว่าถึงตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัวที่ใช้เป็นหลักความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย ตัวปฏิบัติการคิดทั้ง 16 ตัวนี้ใช้เชื่อมประพจน์ 2 ประพจน์เข้าด้วยกัน ผลของการเชื่อมประพจน์จะได้ประพจน์ใหม่ที่ถูกต้องตามหลักตรรกศาสตร์ ตัวปฏิบัติการคิดเหล่านี้ ได้แก่

1.1 การเลือกโดยใช้เหตุผล(disjunction) ให้สันธาน “หรือ” เป็นตัวเชื่อม เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า p v q การเชื่อมประโยคเป็นในลักษณะที่ว่าถ้าประพจน์ใดประพจน์หนึ่งเป็นจริงหรือเป็นจริงทั้งสองประพจน์ การเชื่อมด้วยตัวปฏิบัติการเลือกโดยใช้เหตุผลก็จะเป็นจริง

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p \vee q = (\bar{p}.q) \vee (p.\bar{q}) \vee (p.q)$

เมื่อ p แทน ประพจน์ p เป็นจริง, $\bar{p}$ แทนประพจน์ p เป็นเท็จ

เมื่อ q แทน ประพจน์ q เป็นจริง, $\bar{q}$ แทนประพจน์ q เป็นเท็จ

1.2 รูปนิเสธของการเลือกโดยใช้เหตุผล (negation of disjunction) รูปนิเสธของ (p v q) กล่าวคือ (p v q) เป็นเท็จเมื่อ p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim (p \vee q) = (\bar{p}.\bar{q})$

1.3 การรวมโดยใช้เหตุผล (conjunction) หมายถึง p เป็นจริง และ q เป็นจริง มีความหมายตรงกับคำว่า “และ”

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p . q$

1.4 รูปนิเสธของการรวมโดยใช้เหตุผล (negation of conjunction) หมายถึง สัญลักษณ์ $(p . q)$ ไม่เป็นจริงแสดงว่า p หรือ q เป็นเท็จ หรือเป็นเท็จทั้งสองประพจน์

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim (p . q) = (p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})$

1.5 การเป็นเหตุเป็นผลหรือตัวเงื่อนไข (implication) ใช้สันธาน “ถ้า…แล้ว….” เป็นตัวเชื่อมประพจน์ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า ….. หมายความว่า ถ้าประพจน์หนึ่งเป็นจริงอีกประพจน์หนึ่งเป็นจริงด้วย

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $(p \ni q) = (p.q) \vee (\bar{p}.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})$

1.6 รูปนิเสธของตัวเงื่อนไน (negation of implication) เป็นการบอกกล่าวเงื่อนไขเป็นเท็จ หมายความว่า p เป็นจริง แต่ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim(p \ni q) = (p.\bar{q})$

1.7 รูปกลับของตัวเงื่อนไข (converse implication)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $(p \ni q) = (p.q) \vee (p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.\bar{q})$

1.8 รูปนิเสธของรูปกลับของตัวเงื่อนไข (negation of converse implication)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim(p \ni q) = (\bar{p}.q)$

1.9 การเท่ากัน (equivalence) ใช้สันธาน “…ก็ต่อเมื่อ...” เชื่อมประพจน์ หมายถึง p เป็นจริง และ q เป็นจริง หรือ p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $(p=q)=(p.q)v(\bar{p}.\bar{q})$

1.10 รูปนิเสธของการเท่ากัน (negation of equivalence)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim(p=q)=(p.\bar{q})v(\bar{p}.q)$

1.11 รูปความสัมพันธ์โดยอิสระ p ต่อ q (independence of p to q)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p[q]=(p.q)v(p.\bar{q})$

1.12 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ p ต่อ q (negation of independence of p to q)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim p[q]=(\bar{p}.q)v(\bar{p}.\bar{q})$

1.13 รูปความสัมพันธ์โดยอิสระ q ต่อ p (independence of q to p)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $q[p]=(p.q)v(\bar{p}.q)$

1.14 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ q ต่อ p (negation of independence of q to p)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim q[p]=(p.q)v(\bar{p}.q)$

1.15 สัจนิรันดร์ (tautology)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p*q=(p.q)v(p.\bar{q})v(\bar{p}.q)v(\bar{p}.\bar{q})$

1.16 ความเท็จโดยรูปแบบ (contradiction) หมายความว่า ไม่มีอะไรเลย

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim(p*q)=0$

2. การใช้เหตุผลแบบตรรกบท (syllogism) เป็นความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัยตามแนวคิดของอริสโตเติล (Aristotle)(Smiley, 1973: 136) ซึ่งความสามารถใน

การคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบตรรกบทเป็นการคิดให้เหตุผลจากประโยคข้างต้นไปยังข้อสรุปเป็นการอ้างเหตุผลที่มีโครงสร้างหรือแบบแผนตายตัวประกอบด้วยประโยคตรรกศาสตร์ 3 ประโยคโดยสองประโยคแรกเป็นส่วนอ้าง ส่วนประโยคที่สามเป็นข้อสรุปหรือสิ่งที่ต้องการทดสอบ

4.4.2 การวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย

เป็นการคิดที่ให้เหตุผลจากประโยคอ้างที่เป็นจริงเฉพาะกรณีไปยังข้อสรุปซึ่งเป็นความจริงสากล ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัยจะอาศัยหลักการสรุปรวบยอดและหลักการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยของมิลล์ (Mill's Method) มีรายละเอียด ดังนี้

ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัยของมิลล์เป็นความสามารถในการใช้เหตุการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดให้ซึ่งประกอบด้วยเหตุใหญ่และเหตุย่อยแล้วสรุปผลตามเหตุการณ์หรือข้อมูลนั้น ซึ่งจะต้องพิจารณาให้รอบคอบและสรุปอย่างสมเหตุสมผล

มิลล์ ได้รวบรวมวิธีการสรุปผลแบบอุปนัยไว้สำหรับตรวจสอบความสัมพันธ์ของกรณีวิธีการดังกล่าวเรียกว่า วิธีการอุปนัยของมิลล์ ซึ่งมี 4 วิธี คือ

1. วิธีการหาความสอดคล้อง (Method of agreement)

เป็นวิธีการหาข้อสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นซ้ำๆ โดยหาความสอดคล้องของประสบการณ์หลายๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการณ์หลายครั้งถ้ามีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งและเกิดผลอย่างเดียวกันทุกครั้ง ก็สรุปได้ว่าสาเหตุนั้นเป็นสาเหตุของผลนั้นเสมอ เช่น ทุกครั้งที่วางขนมปังไว้บริเวณที่มีความชื้นจะเกิดเชื้อราขึ้นบนแผนขนมปัง จึงสรุปได้ว่าความชื้นจะช่วยให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ดี

2. วิธีหาความแตกต่าง (Method of difference)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นแตกต่างออกไปจากเดิม โดยการหาความแตกต่างของประสบการณ์หลายๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการณ์หลายครั้งที่มีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งจะมีผลอย่างเดียวกันทุกครั้งต่อมาเมื่อมีสาเหตุอื่นเข้ามาแทรกเพิ่มเข้ามาและเกิดผลแตกต่างออกไป ก็สรุปว่าสาเหตุที่แทรกเพิ่มเข้ามานั้นเป็นสาเหตุของผลที่แตกต่างออกไป เช่น ทุกครั้งที่ทาน

ส้มตำไทยไม่เคยท้องเสีย แต่เมื่อทานส้มตำไทยใส่ปูแล้วท้องเสีย จึงสรุปได้ว่า ปูที่ใส่ลงไปในส้มตำเป็นเหตุที่ทำให้ท้องเสีย

3. วิธีหาส่วนที่เหลือ (Method of residues)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เหลือที่เกิดขึ้นในประสบการณ์ใดประสบการณ์หนึ่ง กล่าวคือ ในประสบการณ์เดียวกัน ถ้ามีหลายสาเหตุเกิดผลหลายอย่างร่วมกัน ถ้าทราบสาเหตุใดทำให้เกิดผลสามารถแยกสาเหตุนั้นออกไปได้และสาเหตุที่เหลือก็จะเป็นสาเหตุของผลที่เหลือ

4. วิธีหาเหตุผลของสาเหตุต่างระดับ (Method of concomitant variation)

เป็นวิธีการสรุปหาเหตุผลเมื่อระงับความเข้มข้นของสาเหตุแตกต่างไปจากเดิม กล่าวคือ ในการศึกษาสถานการณ์บางอย่างระดับหรือความเข้มข้นของสาเหตุเดียวกันทำให้เกิดผลที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการสรุปผลจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของระดับ หรือความเข้มข้นของสาเหตุด้วยเช่นกัน เช่น การรับประทานยาพาราเซตามอล พบว่าเด็กวัย 3-6 ปี รับประทานครั้งละ ½ เม็ด เด็กวัย 6-12 ปี รับประทานครั้งละ 1 เม็ด และวัยผู้ใหญ่อายุมากกว่า 12 ปี รับประทานครั้งละ 2 เม็ด

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

จุฑารัตน์ ชนานุสรน์ (2546) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหา และต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยกลวิธีเมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยเมตาคอกนิชันในการอ่าน เมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนโดยวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและกลุ่มเปรียบเทียบ กลุ่มละ 49 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาเฉลี่ยร้อยละสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Lisa M. Blank (1999: 486) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน (Metacognitive Learning Cycle)เปรียบเทียบกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้ Science Curriculum Improvement Study Learning Cycle (SCIS) เรื่องระบบนิเวศ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 46 คน พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีผลโครงสร้างขององค์ความรู้ไม่แตกต่างกับการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบ SCIS แต่นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันจะมีโครงสร้างขององค์ความรู้ที่คงทนยาวนานกว่า

Lohner et al. (2005) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิกกับนักเรียนที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ธรรมดาในกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่า ในการเรียนแบบสืบสอบสามารถใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการเพิ่มความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลและช่วยส่งเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาแก่นักเรียนได้ และนักเรียนที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิกต้องมีกรทดลองออกแบบการนำเสนอผลงาน กำหนดสมมติฐาน และใช้เวลาในการประเมินผลงานของตนเองมากกว่า

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experiment Research) มีรูปแบบการวิจัยแบบ Two Groups Pretest-Posttest Design คือ แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันและกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลอง

ภาพที่ 3 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest-posttest design

กลุ่มทดลอง	O_1----------X---------- O_2
กลุ่มเปรียบเทียบ	O_1----------~X---------- O_2

O_1 หมายถึง เก็บข้อมูลก่อนการทดลองด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

X หมายถึง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

~X หมายถึง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

O_2 หมายถึง เก็บข้อมูลหลังการทดลองด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนวัดบวรนิเวศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียนโดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

เลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) คือ เลือกโรงเรียนวัดบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ที่เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย และเป็นโรงเรียนพร้อมใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นอกจากนี้ผู้บริหารและอาจารย์ของสถานศึกษาได้ให้การสนับสนุนและความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จากนั้นทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน โดยพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ว23101 ของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ว23101 ภาคเรียนที่ 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 6 ห้อง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) ทดสอบความแตกต่างของ

คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการทดสอบพบว่า มีห้องเรียนอย่างน้อย 2 ห้องที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างจากกลุ่ม หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยเป็นรายคู่ (Post Hoc Tests) คัดเลือกห้องเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน ปรากฏว่ามีห้องเรียน 10 คู่ที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ย($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) และค่าสถิติทดสอบเอฟ(F-test) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 ห้องเรียน

ห้องเรียน	คะแนนเฉลี่ย($\bar{x}$)	S.D.	F
3/1	75.89	6.53	
3/2	62.10	9.16	
3/3	57.13	10.62	21.47*
3/4	64.68	5.79	
3/5	62.17	7.45	
3/6	63.95	6.17	

* P<.05

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 6 ห้องเรียน

ห้องเรียน	ห้องเรียน					
	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6
3/1	-	13.79*	18.76*	11.20*	13.72*	16.60*
3/2	-	-	4.97	-2.58	-.06	2.81
3/3	-	-	-	-7.55*	-5.04	2.16
3/4	-	-	-	-	2.51	5.40
3/5	-	-	-	-	-	2.88
3/6	-	-	-	-	-	-

(2) จับคู่ห้องเรียนที่ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ 10 คู่ ดำเนินการคัดเลือกคู่ห้องเรียนโดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลาก ได้ห้องเรียน 1 คู่ คือ ห้อง ม.3/2 และ ม.3/3

(3) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับฉลาก ผลปรากฏได้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/2 จำนวน 39 คนเป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 จำนวน 39 คนเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
   1.1 แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่
   1.2 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่
   2.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน
   2.2 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ

รายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแต่ละประเภทมีดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1.1 แบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เป็นแบบวัดความคิดสำคัญหรือความคิดหลัก เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งใช้เก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังทดลองโดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้

(1) ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

(2) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์มโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ตามแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งพัฒนาโดย Ramlo (2002) โดยให้เนื้อหาภายในแบบวัดตามมโนทัศน์หลัก คือ ความเร่ง แรง กฎของนิวตัน และการเคลื่อนที่แบบต่างๆ แบบวัดนี้เป็นแบบเลือกตอบจับคู่ โดยมีสถานการณ์หรือรูปภาพประกอบ

(3) สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบที่ต้องการวัด เพื่อกำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์จากนั้นจึงสร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

เนื้อหา	จำนวนข้อ	ข้อที่
ความเร่ง	3	1-3
ชนิดของแรง	4	4-7
การรวมแรง	4	8-11
แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์	3	12-14
แรงพยุง	3	15-17
กฎข้อ 1 ของนิวตัน	4	18-21
กฎข้อ 2 ของนิวตัน	4	22-25
กฎข้อ 3 ของนิวตัน	2	26-27
ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ	3	28-30
รวม	30	

(4) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดตอบมากกว่า 1 ข้อ หรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

(5) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ที่สร้างขึ้นนำจำนวน 40 ข้อ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจภาษาและความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้

(6) นำแบบวัดที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป รวมถึงความถูกต้องเหมาะสมกับข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และภาษาที่ใช้ จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับแก้ไขแบบวัดที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา ควรปรับประโยคของข้อคำถามให้กระชับ ชัดเจน สื่อความ และเข้าใจง่าย เช่น รถยนต์กำลังจะเคลื่อนที่ไปทิศขวามือบนผิวถนนเรียบในแนวระดับ ซึ่งเป็นประโยคที่ยืดเยื้อ อาจจะทำให้ผู้อ่านเข้าใจผิด โดยปรับประโยคว่า “บนผิวถนนเรียบในแนวระดับ” เป็น “บนถนนตรง” การใช้คำศัพท์เทคนิค เช่น คำว่า “ค่าคงที่” ต้องใช้คำว่า “ค่าคงตัว” และคำว่า “ทิศ” จะต้องเป็น “ทิศทาง”

2) การใช้ภาพประกอบ ควรใช้ภาพที่สื่อความหมายได้ชัดเจน และมีการเขียนข้อความกำกับในข้อที่ต้องการให้พิจารณาที่จุดนั้นๆ เช่น ภาพคนดันรถ ควรเปลี่ยนเป็นคนดันกล่อง เนื่องจากอาจจะทำให้ผู้อ่านเข้าใจผิดว่ารถเคลื่อนที่ได้จากการหมุนของล้อรถ จะเป็นอีกมโนทัศน์หนึ่งได้

4) จำนวนข้อสอบ ควรใช้ข้อสอบเพียง 30 ข้อ โดยใช้เวลาทำแบบวัดข้อละ 2 นาที

5) การจัดลำดับของคำถาม และตัวเลือก โดยจัดตามความยาวของข้อคำถาม และความยาวของตัวเลือก โดยเรียงจากความยาวน้อยสุดไปหาความยาวมากสุด

(7) นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ จำนวน 32 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้วในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

(8) นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดเพื่อหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก

(9) พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดและของข้อสอบเป็นรายข้อมาใช้ในการเลือกข้อสอบ โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และปรับข้อคำถามที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์โดยการปรับข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวงให้เหมาะสม คงเหลือข้อสอบไว้ 30 ข้อ

1.2 **แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล** เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีวิธีการดำเนินการสร้าง ดังนี้

(1) กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบวัด โดยเป็นแบบวัดที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย ดังนี้

1) ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัยจะสร้างตามแนวของอริสโตเติลโดยปรับให้ประโยคตรรกศาสตร์มีเพียง 2 ประโยค คือ ประโยคอ้างเป็นข้อคำถามและประโยคสรุปเป็นตัวเลือก

2) ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย สร้างตามแนวคิดของมิลล์ โดยมีข้อความสถานการณ์ ข้อคำถาม และตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก

(2) กำหนดกรอบเนื้อหาสาระของแบบวัด

1) ศึกษาความหมาย แนวคิด หลักการและลักษณะของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล 2 แบบ คือ ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย

3) กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลทั้ง 2 แบบ จัดทำตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแต่ละแบบ โดยกำหนดสัดส่วนจำนวนข้อสอบให้เหตุผลแบบละ 15 ข้อ รวมทั้งหมด 30 ข้อ

(3) สร้างข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ข้อสอบแต่ละข้อเป็นบทความที่แสดงถึงสถานการณ์ทั่วไป นำไปสู่ข้อคำถามนักเรียนต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 คำตอบ ให้ 0 คะแนน

(4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบภาษา และความครอบคลุมของรูปแบบของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลทั้ง 2 แบบ แล้วนำกลับมาปรับปรุงแก้ไข และตัดจำนวนข้อให้ลดลงเหลือเพียงแบบละ 10 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ จากนั้นนำแบบวัดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ในภาคผนวก) ตรวจพิจารณาความครอบคลุมรูปแบบของความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลทั้ง 2 แบบ ความน่าสนใจของบทความที่นำมาใช้ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ตลอดจนความชัดเจนของภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) สร้างตัวลวงให้เหมาะสม เนื่องจากบางข้อที่มีตัวลวงใกล้เคียงกับคำตอบ

2) ปรับภาษา เนื่องจากบางข้อคำถามใช้ภาษาไม่ชัดเจน

3) การใช้คำนำหน้าชื่อบุคคล โดยกำหนดให้ทุกข้อใช้คำนำหน้าชื่อเหมือนกันหมด

(5) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ จำนวน 34 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

(6) วิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล โดยหาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.9 และวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากง่าย ระหว่าง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.25-0.42

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง** ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งมี 2 แบบ คือ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน สำหรับใช้กับกลุ่มทดลอง และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สำหรับใช้กับกลุ่มเปรียบเทียบ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบนี้ครอบคลุมสาระ จำนวนคาบเรียน จำนวนแผนที่เท่ากัน ซึ่งมีรายละเอียดการเขียนแผนและตรวจคุณภาพแผน ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน และรูปการเรียนการสอนแบบปกติ ศึกษาและวิเคราะห์สาระวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ โดยเป็นไปตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

(2) จัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 8 แผน

ตารางที่ 5 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

แผนลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	ความเร่ง	2
2	ชนิดของแรงและการรวมแรง	2
3	แรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์	3
4	แรงพยุง	2
5	กฎข้อ 1 ของนิวตัน	3
6	กฎข้อ 2 ของนิวตัน	3
7	กฎข้อ 3 ของนิวตัน	3
8	การเคลื่อนที่แบบต่างๆ	3
	รวม	21

(3) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอนที่เลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม

(4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมและความชัดเจนของภาษาที่ใช้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ มาตรฐานและตัวชี้วัด วัตถุประสงค์ สาระ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งพิจารณาความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับรูปแบบการเรียนการสอนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์สอนวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ ระยะเวลาการสอนมากกว่า 10 ปี จำนวน 3 ท่าน (รายนามภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณารายละเอียดต่างๆ เช่นเดียวกับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข โดยสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา

1.1) เขียนภาษาให้กระชับ สื่อความได้ และถูกต้องตามหลักวิชาการ ไม่ใช้ภาษาถิ่น หรือทับศัพท์

1.2) ใช้คำศัพท์ให้ถูกต้องกับสถานการณ์ เช่น ตัวเลขที่แสดงบนหน้าปัดของรถมอเตอร์ไซด์คืออัตราเร็ว ไม่ใช้ “ความเร็ว”

1.3) ควรตั้งคำถามให้ชัดเจน ตรงประเด็น และเป็นลำดับ เพื่อนำไปสู่สิ่งที่ต้องการให้นักเรียนตอบออกมา

2) การใช้รูปภาพ

2.1) ใช้รูปภาพที่สื่อความหมายชัดเจน และสอดคล้องกับข้อคำถามในแต่ละกิจกรรม

(7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง แล้วนำไปทดลองในการวิจัย

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมก่อนการทดลอง

4.1.1 สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง

ดำเนินการก่อนการทดลองโดยใช้เวลา 1 คาบ เพื่อแนะนำการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันให้นักเรียนเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้

(1) ลักษณะของวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

(2) บทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

4.1.2 สำหรับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ ดำเนินการชี้แจงเพื่อทำความเข้าใจและความคุ้นเคยกับนักเรียน

4,2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้เวลา 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 21 คาบ ตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม-25 กุมภาพันธ์ 2555

4.3 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

4.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง ผู้วิจัยทดสอบก่อนการเรียนเฉพาะกลุ่มทดลอง ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ใช้เวลา 60 นาที และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ใช้เวลา 30 นาที ในสัปดาห์ก่อนการทดลอง

4.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง ผู้วิจัยทดสอบหลังเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ฉบับเดิม ใช้เวลา 60 นาที และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลฉบับเดิม ใช้เวลา 30 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้วิจัยในแต่ละประเภทมาทำการวิเคราะห์ตามหลักสถิติ โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

5.2 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 for WINDOWs ของคะแนนเฉลี่ยต่อไปนี้

(1) มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent)

(2) มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลหลังจากทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (t-test independent)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

1.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระหว่างระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ปรากฏตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของกลุ่มทดลอง

มโนทัศน์	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
มโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่	15.80	3.80	21.18	3.80	3.16*
ความเร่ง	0.90	0.64	1.32	0.47	1.86*
แรง	8.54	1.41	10.78	1.26	3.98*
กฎของนิวตัน	5.32	1.15	7.11	1.42	2.89*
การเคลื่อนที่แบบต่างๆ	1.21	0.80	1.87	0.69	1.96*

P*<.05 (One-tailed dependent t-test)

จากตารางที่ 6 แสดงว่า ภายหลังการทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาแยกแต่ละมโนทัศน์หลัก พบว่า ภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยทุกมโนทัศน์หลักสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) มโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S.D.	t-test
กลุ่มทดลอง	21.18	3.80	2.64*
กลุ่มเปรียบเทียบ	18.41	5.33	

P*<.05 (One-tailed independent t-test)

จากตารางที่ 7 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ความสามารถในการคิด	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล	11.49	1.15	14.21	1.41	2.13*
ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย	5.44	0.91	6.54	1.41	2.95*
ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย	6.05	1.19	7.67	0.93	3.54*

P*<.05 (One-tailed dependent t-test)

จากตารางที่ 8 แสดงว่าภายหลังจากการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ปรากฏผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล หลังจากทดลองระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มเปรียบเทียบ

สามารถในการคิด	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ		t-test
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	
ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล	14.21	1.14	11.98	0.72	2.55*
ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย	6.54	1.14	5.44	0.72	2.55*
ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย	7.67	0.93	6.54	0.91	2.75*

P*<.05 (One-tailed independent t-test)

จากตารางที่ 9 แสดงว่าภายหลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลและความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลทั้งแบบนิรนัยและอุปนัยของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ กรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 2 ห้องเรียน คือกลุ่มทดลองซึ่งเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน และกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทั้งสองกลุ่มใช้ระยะเวลาในการทดลอง 7 สัปดาห์ รวม 21 คาบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลองด้วยการทดสอบมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัย แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และ 2) ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

1. ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังจากเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบแล้วพบว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้นักเรียนจะได้ใช้วิธีการตรวจสอบสถานะใน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นประเมินมโนทัศน์ ขั้นนำเสนอมโนทัศน์ และขั้นประยุกต์มโนทัศน์ โดยนักเรียนจะเป็นผู้ตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์ด้วยตนเองโดยใช้แนวคิดเมตาคอกนิชัน (Metacognition) จนนักเรียนสามารถตระหนักได้ว่าขณะนี้นักเรียนมีมโนทัศน์พื้นฐานที่คลาดเคลื่อน ตระหนักว่าตนมีการรับรู้บางอย่างผิดพลาด จึงชะลอการตัดสินใจเอาไว้จนกว่ามีข้อมูลเพียงพอ และพร้อมที่จะได้รับการแก้ไขก่อนการศึกษามโนทัศน์ใหม่ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptaul change theory) (Posner el al:1982) ที่กล่าวถึง “การเรียนรู้เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหม่กับ มโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่” ดังนั้นเมื่อนักเรียนได้ประเมินมโนทัศน์พื้นฐานแล้วว่าถูกต้อง หรือหากไม่ถูกต้องก็ได้ทำการแก้ไขให้ถูกต้องก่อนศึกษามโนทัศน์ใหม่ จึงเกิดการปฏิสัมพันธ์ และเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์พื้นฐานที่ถูกต้องแล้วกับมโนทัศน์ที่ต้องการศึกษา

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Beth, M.E. (1998) ที่พบว่าการให้นักเรียนได้พูดเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ จะทำให้นักเรียนมีบทบาทเปลี่ยนจากผู้รับข้อมูลเพียงอย่างเดียวเป็นผู้ให้ข้อมูล และนักเรียนจะสามารถตระหนักรู้ได้ว่าขณะนี้นักเรียนรู้อะไร และถูกต้องหรือไม่ ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้พัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lisa M. Blank (1999) ที่พบว่าวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันทำให้นักเรียนมีโครงสร้างขององค์ความรู้ที่คงทนยาวนาน ซึ่งมโนทัศน์จัดเป็นหนึ่งในโครงสร้างความรู้นั้น

2. ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังจากเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบแล้วพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจจะมาจากเหตุผลต่อไปนี้

การให้นักเรียนได้มีการประเมินมโนทัศน์และการตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์พื้นฐานก่อนการศึกษามโนทัศน์ใหม่ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล เนื่องจากในขั้นการตรวจสอบสถานะนักเรียนจะต้องนำเสนอเหตุผลของการเชื่อว่ามโนทัศน์พื้นฐานที่นักเรียนมีอยู่นั้นถูกต้อง แสดงถึงที่มาของมโนทัศน์ นอกจากนี้แล้วการตรวจสอบสถานะของมโนทัศน์ในอีก 2 ขั้นที่ทำให้นักเรียนได้นำเสนอเหตุผลในการเชื่อถือมโนทัศน์ใหม่ นอกจากนี้แล้วยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saunders and Shepardson (1987) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย ซึ่งได้สอดคล้องกับผลการวิจัยของจันทร์พร พรหมมาศ (2541) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า การใช้วงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียนได้ดีกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวิธีปกติ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ครูวิทยาศาสตร์ที่สนใจนำวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชันไปใช้ในการจัดการวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลของนักเรียน ควรเตรียมตัวในประเด็นต่อไปนี้ 1) ศึกษาว่ามีมโนทัศน์พื้นฐานใดบ้างที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้ก่อนศึกษา 2) มโนทัศน์พื้นฐานนั้นมีโอกาสเป็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนใดบ้าง และ 3) ควรมีวิธีการตรวจสอบมโนทัศน์พื้นฐานที่ทำให้นักเรียนยอมรับด้วยตนเองว่ามโนทัศน์พื้นฐานที่มีอยู่นั้นไม่ถูกต้อง และตระหนักได้ว่ามโนทัศน์พื้นฐานนั้นจำเป็นต่อการศึกษาในมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการดำเนินการวิจัยและผลวิจัยที่พบในครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ เช่น มีความกล้าแสดงออก ยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนนักเรียน และมีความภูมิใจในการออกแบบการทดลองด้วยตนเอง ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่นอกเหนือจากมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ และความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล ที่อาจเกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ความคงทนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ฉบับแก้ไข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 . กรุงเทพมหานคร : องค์การค้าครุสภา,

กระทรวงศึกษาธิการ. 2551. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด,

เกรียงไกร อภัยวงศ์. 2548. ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ และเพ็ญจันทร์ ซิงค์. 2549. แนวคิดคลาดเคลื่อนจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ ปีที่ 22 ฉบับที่ 3 : 49 - 63.

คชานน สุวรรณพันธ์. 2543. โครงสร้างความรู้และการเปลี่ยนมโนทัศน์ เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคแผนผังมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554. ปัจจัยที่ทำให้ระบบโรงเรียนประสบความสำเร็จ. กรุงเทพมหานคร : ห้องหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์,

จุฑารัตน์ ชินานุสรน์. 2546. ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหา และต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11. ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมณี และคณะ. 2544. วิทยาการด้านการคิด.กรุงเทพมหานคร : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด,

ธีระชัย ปูรณโชติ. 2537. ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิธีทางวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-4. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. 2551. การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 : 27-35.

ปรีชา เดชศรี และปริชาติ เบ็ญจวรรณ์. 2552. การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นานาชาติ (Trends in International Science Study 2007. กรุงเทพมหานคร : สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง,

พรรณี ช. เจนจิต. 2538. จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร : บริษัทคอมแพคท์พริ้นท์ จำกัด,

พิศาล สร้อยธุหร่ำ. 2544. การศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : บริษัท กุล การพิมพ์ จำกัด,

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. 2548. วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร : บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด,

ยูเนสโก. 2533. ปฏิญญาโลกว่าด้วยเรื่องการศึกษาเพื่อปวงชน และ กรอบการดำเนินงานเพื่อตอบสนองความต้องการการเรียนรู้ขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร : บริษัทอัมรินทร์ พริ้นติ้งกรุ๊ป,

วิทยา เชียงกูล. 2552. สภาวะการศึกษาไทยปี 2550/2551"ปัญหาความเสมอภาคและคุณภาพของการศึกษาไทย". พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.ที.ซี. คอมมิวนิเคชั่น,

วีระชาติ สวนไพรินทร์. 2531. การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545. แผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ.2545-2559) ฉบับสรุป. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด,

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา. 2550. รายงานประจำปี 2550. Available from: http://www.onesqa.or.th/th/home/index.php [2012, February 20].

สำนักนายกรัฐมนตรี. 2549. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบ (พ.ศ.2550-2554). [online]. Available from: http://www.plan.su.ac.th/Analysis/Databest/plan_part2.pdf [2012, March 11].

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. 2552. ค่าสถิติพื้นฐานผลการทดสอบการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน(O-NET) ปีการศึกษา 2551-2553. [online] Available from: http://www.niets.or.th/upload-iles/uploadfile/5/fa78be61f54b413381a3c0a59ba30818.pdf [2012, March 1].

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2541. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

Bank, Lisa M. 2000. A Metacognitive Learing Cycle: A Better Warranty for Student Understatnding. Science Education 84 : 486-506.

Beeth, M.E. (1998). Facilitating conceptual change learning: The need for teachers to support metacognition. Journal of science teacher education, 9(1), 49-61.

Beth, M.E. (1998). Teaching for conceptual change: Using status as a metacognitive tool. Science Education, 82, 343-356.

Center for Science, Mathematics, and Engineering Education. 1996. National Science Educationเข้าถึงได้จาก : http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=4962&page=R1

Duit, R., Niedderer, H. & Schecker, H. (2007). Teaching physics. In S.K. Abell & N.G. Lederman, Eds., Handbook of research on science education (pp.599-629)

Diver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). Making sense of secondary science: Research into children's ideas. New York: Routledge.

Fellows, N. J. 1994. A Window into thinking: Using Student Writing to Understand Conceptual Change in Science Learning. Journal of Research in Science Teaching vol 31 : 985-1001.

Gunstone, R.F. (1991). Learners in science education. In P. Fensham (Ed.), Development and dilemmas in science education. New York: Falmer.

Gunstone, R. F. (2000). Constructivism and learning research in science education. In Phillips, D.C. (Eds.), Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues (pp. 19-40). Chicago: National Society for the Study of Education.

Halloun and Hestenes. 1985. Common sense concepts about motion. American journal if physics teacher 53 : 1056-1065.

Hewson, P., Lemberger, J. 2000. Status as the hallmark of conceptual learning. In R. Millar, Leach, J. , Osborne, J. (Ed.), Improving science education, 110 - 125. Buckingham: Open University Press,

Hennessey, M. G. (2003). Metacognitive aspects of students' reflective discourse: Implications for intentional conceptual teaching and learning. In G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), Intentional conceptual change (pp. 103-132). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

Kenneth A Strike and George J. Posner. 1985. A Conceptual change view of learning and understanding. Cognitive structure and conceptual change, 211 - 231. New York : Academic press, inc,

Lawson, A. E. 2000. What kind of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. Journal of Research in science Teaching 9 : 996-1018.

Piaget. J. (1972). The child's conception of the world. Towota, NJ. Littlefield Adams (original work published

Piaget, J (1955). The construction of reality in the child. Translated by Margaret Cook. London: Routledge and Kegan Paul.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., and Gertzog, W. A. 1982. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education 66 : 211-227

Ramlo, Susan. 2002. The force and motion conceptual evaluation. Presented at the annual meeting of the Mid-Western Educational Research Association, 542-644

Reider Duit. 2003. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. International Journal of science education vol 25 : 671-688

Russel, Lucas and Mcrobbie. 2004. Role of Miscrocomputer-based Laboratory Display in Supporting to Construction of New Understanding Thermal Physics. Journal of research in science teacher vol 41 : 165-185.

Woolfolk, A. E. 1995. Education Psychology. 6th ed . Ohio : A Simon & Schuster Company,

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) ปัจจุบันเกษียณอายุ
2. อาจารย์พิพัฒน์ คงทอง	นักวิชาการอิสระ สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
3. อาจารย์ ดร.นฤมล สุวรรจันทร์ดี	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดการคิดอย่างเป็นเหตุผล

1. รศ.ดร.ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ	ผู้อำนวยการสำนักทดสอบทางการศึกษา และจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผศ.ดร.ปริญญา ทองสอน	อาจารย์ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ ดร.ชนะวัฒน์ บุนนาค	รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ โรงเรียนจิตรลดา

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์สุรสิงห์ นิรชร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม) ปัจจุบันเกษียณอายุ
2. อาจารย์พิพัฒน์ คงทอง	นักวิชาการอิสระ สาขาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
3. อาจารย์อมรรัตน์ บุบผโชติ	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่
2. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

(ตัวอย่าง)

แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

☞ คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 10 หน้า จำนวน 30 ข้อ
   คะแนน 30 คะแนน เวลาที่ใช้ทำแบบวัด 60 นาที

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวแล้วเขียนตัวอักษรหน้าตัวเลือกลงหน้าข้อคำถามในกระดาษคำตอบ ถ้าข้อใดไม่มีตัวเลือกที่ถูกต้องให้เขียนอักษร ฮ ตัวอย่างเช่น

   …ก……1 …ง……3 ……5 ……7
   …ค……2 …ฮ……4 ……6 ……8

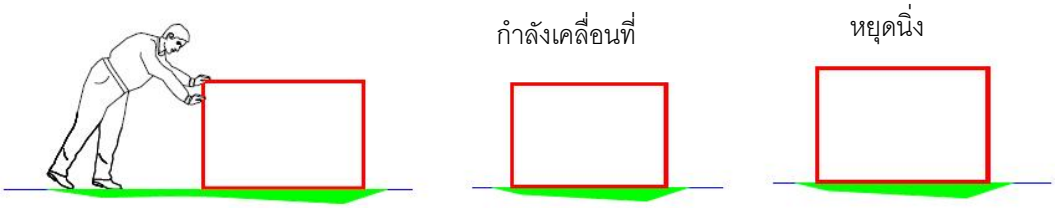
3. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ขีดตอบเดิมด้วยปากกาสีแดงเท่านั้น แล้วเขียนตัวอักษรหน้าตัวเลือกที่ถูกต้องลงหน้าข้อคำถามในกระดาษคำตอบอีกครั้ง ตัวอย่างเช่น

   …ค…~~ก~~…1 …จ…~~ง~~…3 ……5 ……7
   …ก…~~ค~~…2 …ฉ…~~ฮ~~…4 ……6 ……8

4. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบส่งคืนผู้คุมสอบตามเวลาที่กำหนด

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่แสดงถึงแรงที่กระทำต่อกล่องตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ในข้อ 1-4

สถานการณ์ : ชายคนหนึ่งออกแรงผลักกล่องให้เคลื่อนที่ไปบนพื้น หลังจากนั้นปล่อยกล่องเคลื่อนที่ต่อไป จนสุดท้ายกล่องหยุดนิ่ง ดังรูป



ก. แรงเสียดทานจลน์ แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ แรงผลักรถเข็น แรงโน้มถ่วง

ข. แรงเสียดทานสถิต แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ แรงผลักรถเข็น แรงโน้มถ่วง

ค. แรงเสียดทานสถิต แรงโน้มถ่วง แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ

ง. แรงเสียดทานจลน์ แรงโน้มถ่วง แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ

จ. แรงเสียดทานสถิต แรงโน้มถ่วง แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ

ฉ. แรงโน้มถ่วง แรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อวัตถุ

..... 1 กล่องกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวามือและเริ่มลดอัตราเร็ว

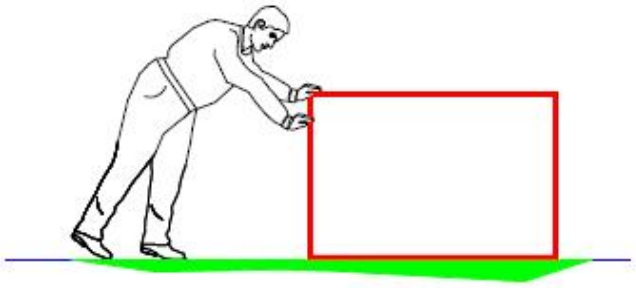
..... 2 กล่องกำลังจะเคลื่อนที่ไปทางขวามือ

..... 3 กล่องกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวามือ

..... 4 กล่องหยุดนิ่งกับที่

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่แสดงขนาดของแรงเสียดทานสถิต และแรงเสียดทานจลน์ ที่กระทำต่อรถยนต์ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ในข้อ 5-7

สถานการณ์ : ชายคนหนึ่งต้องการเลื่อนกล่องที่ขวางทางออกของเขา เขาจึงค่อยๆ ผลักกล่องดังกล่าวไปข้างหน้า



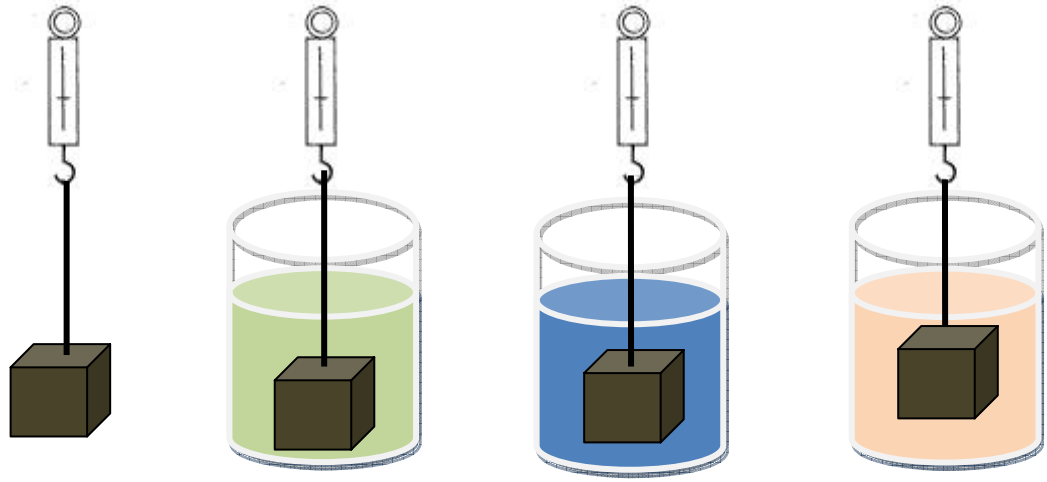
ก.	แรงเสียดทานสถิตมีค่ามากกว่าแรงผลัก	แรงเสียดทานจลน์มีค่าเป็นศูนย์
ข.	แรงเสียดทานสถิตมีค่าเท่ากับแรงผลัก	แรงเสียดทานจลน์มีค่าเป็นศูนย์
ค.	แรงเสียดทานสถิตมีค่าเป็นศูนย์	แรงเสียดทานจลน์มีค่าเป็นศูนย์
ง.	แรงเสียดทานสถิตมีค่ามากกว่าแรงผลัก	แรงเสียดทานจลน์มีค่าคงที่
จ.	แรงเสียดทานสถิตมีค่าเท่ากับแรงผลัก	แรงเสียดทานจลน์มีค่าคงที่
ฉ.	แรงเสียดทานสถิตมีค่าเป็นศูนย์	แรงเสียดทานจลน์มีค่าคงที่
ช.	แรงเสียดทานสถิตมีค่าคงที่	แรงเสียดทานจลน์มีค่าคงที่

..... 5 รถยนต์อยู่นิ่งกับที่

..... 6 รถยนต์กำลังจะเริ่มเคลื่อนที่

..... 7 รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว

จากข้อมูลต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่มีความสัมพันธ์กับข้อความในข้อ 8-10



อากาศ น้ำมัน น้ำ น้ำเกลือ

สถานการณ์ นักเรียนชายคนหนึ่งทดลองนำวัตถุชนิดเดียวกัน ปริมาตรเท่ากัน นำไปชั่งในอากาศ น้ำ น้ำมัน และน้ำเกลือ

ก. ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงมีค่าน้อยที่สุด และน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งในน้ำ

ข. ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงมีค่ามากที่สุด และมากกว่าน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งน้ำ

ค. ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งในน้ำ

ง. ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงมีค่าน้อยกว่าน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งในน้ำ

จ. ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงมีค่ามากกว่าน้ำหนักของวัตถุที่ชั่งในน้ำ

ฉ. ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงมีค่าเท่ากับศูนย์

ช. ค่าที่อ่านได้จากตาชั่งสปริงมีค่าไม่คงที่

..... 8 ชั่งวัตถุในน้ำเกลือ

..... 9 ชั่งวัตถุในอากาศ

..... 10 ชั่งวัตถุในน้ำมัน

จากข้อมูลต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่มีความสัมพันธ์กับข้อความในข้อ 11-14

กำหนดขนาดของแรง 2 แรง ดังนี้ แรง A มีขนาด 5 นิวตัน และแรง B มีขนาด 6 นิวตัน .

ก. แรงลัพธ์มีขนาด 1 นิวตัน ทิศทางไปทางซ้าย

ข. แรงลัพธ์มีขนาด 1 นิวตัน ทิศทางไปทางขวา

ค. แรงลัพธ์มีขนาด 11 นิวตัน ทิศทางไปทางซ้าย

ง. แรงลัพธ์มีขนาด 11 นิวตัน ทิศทางไปทางขวา

จ. แรงลัพธ์มีขนาด 1 นิวตัน ทิศทางใดก็ได้

ฉ. แรงลัพธ์มีขนาด 11 นิวตัน ทิศทางใดก็ได้

ช. แรงลัพธ์เป็น 0 นิวตัน

..... 11 ผลรวมของแรง A และแรง B เมื่อ แรง A มีทิศไปทางซ้าย และแรง B มีทิศไปทางขวา

..... 12 ผลรวมของแรง A และแรง B เมื่อแรง A มีทิศไปทางขวา และแรง B มีทิศไปทางซ้าย

..... 13 ผลรวมของแรง A และแรง B เมื่อแรง A มีทิศไปทางขวา และแรง B มีทิศไปทางขวา

..... 14 ผลรวมของแรง A และแรง B เมื่อแรง A มีทิศไปทางซ้ายและแรง B มีทิศไปทางซ้าย

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่แสดงถึงสภาพการเคลื่อนที่ของนักเรียน ที่มีความสัมพันธ์กับสถานการณ์ในข้อ 15-18

สถานการณ์ : นักเรียนชายคนหนึ่ง เมื่อขึ้นไปบนรถประจำทางพบว่าที่นั่งเต็ม เขาจึงต้องยืนเกาะราวกลางของรถประจำทาง โดยรถเริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งจนมีความเร็วคงตัว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่อยๆ ลดความเร็วลงจนหยุดที่ป้ายต่อไป

ก. นักเรียนยืนเซไปทางด้านซ้ายและขวาสลับกัน ด้วยความเร็วน้อยกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ข. นักเรียนยืนเซไปด้านหน้าสลับด้านหลัง ด้วยความเร็วน้อยกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค. นักเรียนยืนเซไปทางด้านหลัง ด้วยความเร็วเท่ากับ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ง. นักเรียนยืนเซไปทางด้านหน้า ด้วยความเร็วเท่ากับ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จ. นักเรียนยืนเซไปด้านหน้าด้วยความเร็วมากกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ฉ. นักเรียนยืนเซไปด้านหลังด้วยความเร็วน้อยกว่า 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ช. นักเรียนอยู่นิ่งบนรถประจำทาง

..... 15 รถประจำทางกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

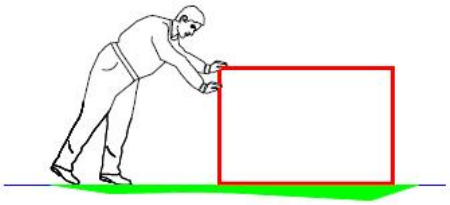
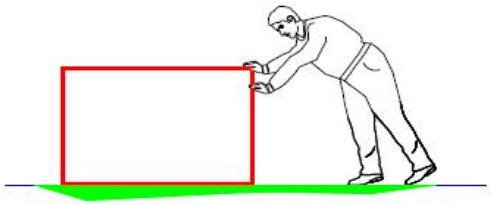
..... 16 รถประจำทางเริ่มออกตัวไปข้างหน้าอย่างกะทันหัน

..... 17 คนขับรถประจำทางเบรก รถหยุดอย่างกะทันหัน

..... 18 รถประจำทางหยุดนิ่งอยู่กับที่

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่แสดงถึงขนาดและทิศทางของแรงที่สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ในข้อ 19-22

สถานการณ์ : คนใส่รองเท้าที่พื้นมีปุ่มแหลมๆ ยืนบนพื้นลื่นออกแรงกระทำต่อกล่องและดันไปบนพื้นลื่นตามรูปด้านล่าง กำหนดให้แรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากสามารถตัดทิ้งได้

	ก. แรงมีทิศไปทางขวาและขนาดของแรงกำลังเพิ่มขึ้น ข .แรงมีทิศไปทางขวาและขนาดของแรงกำลังลดลง ค. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดคงตัว
	ง. ไม่จำเป็นต้องมีแรงกระทำ
	จ. แรงมีทิศไปทางซ้ายและขนาดของแรงกำลังเพิ่มขึ้น ฉ. แรงมีทิศไปทางซ้ายและขนาดของแรงกำลังลดลง ช. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดคงตัว

..... 19 กล่องเคลื่อนที่ไปทางขวาและมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ

..... 20 กล่องเคลื่อนที่ไปทางซ้าย และมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ

..... 21 กล่องกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย และเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ

..... 22 กล่องกำลังเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ และมีความเร่งไปทางขวา

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่บรรยายถึงแรงที่ระหว่างรถยนต์และรถบรรทุกในสถานการณ์ที่กำหนดให้ในข้อ 23-24

ก. รถทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำต่อกันเลย รถยนต์ถูกพังด้วยเหตุผลง่ายๆ ที่มันไปอยู่ขวางทางรถบรรทุก

ข. รถยนต์ออกแรงกระทำต่อรถบรรทุกด้วยขนาดที่มากกว่าที่รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์

ค. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ด้วยขนาดที่มากกว่าแรงที่รถยนต์กระทำต่อรถบรรทุก

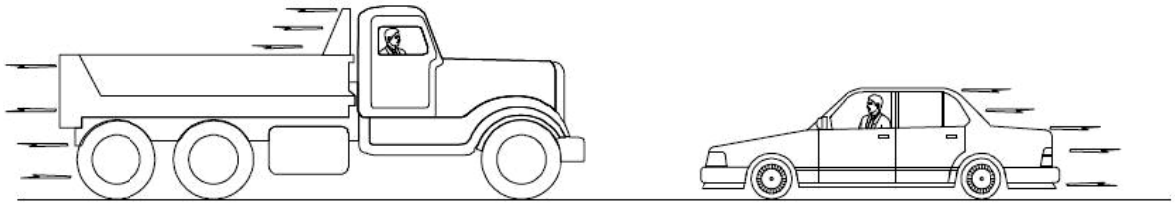
ง. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ด้วยขนาดเท่ากับแรงที่รถยนต์กระทำต่อรถบรรทุก

จ. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์แต่รถยนต์ไม่ได้ออกแรงกระทำต่อรถบรรทุก

ฉ. ข้อมูลที่ให้มาไม่มากพอที่จะเลือกคำตอบข้อใดข้อหนึ่งจากข้างบนได้

ช. ไม่มีคำตอบข้อใดข้างบนที่บรรยายสถานการณ์ได้ถูกต้อง

ภาพต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 23-24 กำหนดให้รถบรรทุกหนักกว่ารถยนต์มากๆ

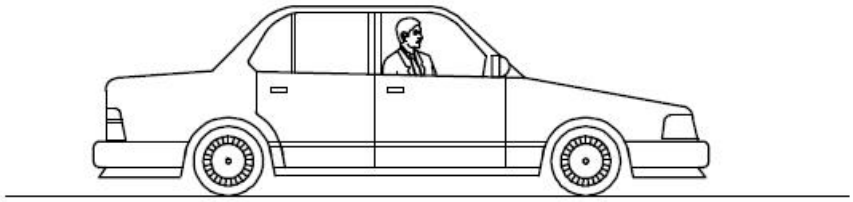


..... 23 รถทั้งคู่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันในขณะชนกัน

..... 24 รถยนต์กำลังเคลื่อนที่เร็วกว่ารถบรรทุกมากๆ

จากสถานการณ์ต่อไปนี้ จงเลือกข้อความที่บรรยายลักษณะความเร็ว ความเร่งของรถยนต์ในระหว่างช่วงการเคลื่อนที่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ในข้อ 25-27

สถานการณ์ : รถยนต์กำลังจะเคลื่อนที่ไปทิศขวามือถนนตรง โดยคนขับสตาร์ทรถยนต์เตรียมพร้อม (กำหนดให้ทิศขวามือเป็นบวก)



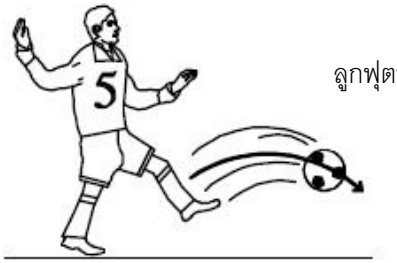
ก.	ความเร่งเป็นศูนย์	ความเร็วเป็นศูนย์
ข.	ความเร่งเป็นศูนย์	ความเร็วคงที่ ทิศทางขวามือ
ค.	ความเร่งเป็นศูนย์	ความเร็วคงที่ ทิศทางซ้ายมือ
ง.	ความเร่งคงที่ ทิศทางขวามือ	ความเร็วคงที่ ทิศทางขวามือ
จ.	ความเร่งคงที่ ทิศทางขวามือ	ความเร็วเพิ่มขึ้น ทิศทางขวามือ
ฉ.	ความเร่งคงที่ ทิศทางซ้ายมือ	ความเร็วคงที่ ทิศทางซ้ายมือ
ช.	ความเร่งคงที่ ทิศทางซ้ายมือ	ความเร็วลดลง ทิศทางขวามือ
ซ.	ความเร่งคงที่ ทิศทางซ้ายมือ	ความเร็วลดลง ทิศทางซ้ายมือ

..... 25 ในช่วงเวลาหนึ่งรถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

..... 26 คนขับเหยียบเบรก จนกระทั่งรถยนต์หยุดนิ่ง

..... 27 รถยนต์อยู่ในสภาวะกำลังจะเคลื่อนที่

จากภาพการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ต่อไปนี้ จงเลือกภาพที่แสดงถึงเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุตามที่ระบุไว้ใต้ภาพตามลักษณะสำคัญของการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ตามที่กำหนดในข้อ 28-30

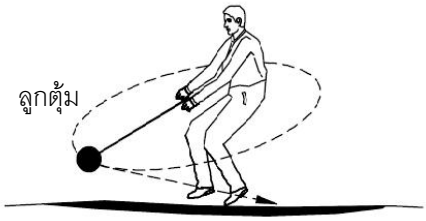


ลูกฟุตบอล

ก.

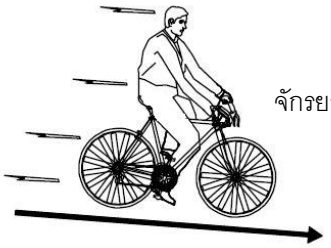
โลก

ข.



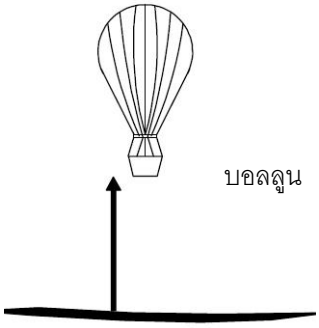
ลูกตุ้ม

ค.



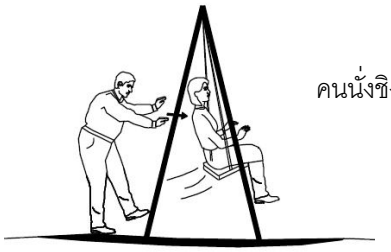
จักรยาน

ง.



บอลลูน

จ



คนนั่งชิงช้า

ฉ

..... 28 การเคลื่อนที่แบบวงกลม

..... 29 การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

..... 30 การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์มอนิกส์

(ตัวอย่าง)

แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

☞ คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 11 หน้า จำนวน 20 ข้อ
คะแนนเต็ม 20 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 30 นาที

แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย จำนวน 15 ข้อ (ข้อ 1-10)

ตอนที่ 2 ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย จำนวน 15 ข้อ (ข้อ 11-20)

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย × ให้ตรงกับตัวอักษรที่เลือกลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		×		
2				×
3	×			

3. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ขีดฆ่าคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย × ลงในช่องคำตอบใหม่ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		~~×~~		×
2				
3				

5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

<u>ตอนที่ 1</u> ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบนิรนัย

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1-4

ป.ปลาน่ากิน

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปลาเป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของคนไทย และเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพราะมีโปรตีนที่มีคุณภาพดี จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนของกองโภชนาการ กรมอนามัย พบว่า ปลาทูมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูงกว่าปลาอื่นและเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ๆ และปลาที่คนไทยนิยมบริโภคมีโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 14.4-23.3 ในเนื้อปลามีโปรตีนที่ย่อยง่าย เหมาะกับคนทุกเพศทุกวัย เพราะเนื้อปลามีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อยจึงทำให้เมื่อสุกแล้วเนื้อจะนุ่ม นอกจากปลาจะให้โปรตีนแล้วยังให้ไขมันด้วย แต่ให้ไขมันที่ต่ำ

ปลาที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป แบ่งตามปริมาณไขมันที่มีอยู่ ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

☞**ปลาที่มีไขมันต่ำกว่าร้อยละ 2 ได้แก่** ปลาจาระเม็ด ปลาสำลี ปลากะพง ปลากราย ปลาช่อน

☞**ปลาที่มีไขมันร้อยละ 2-5 ได้แก่** ปลาอินทรีย์ ปลาน้ำดอกไม้ ปลากระบอก ปลาตะเพียน ปลากดุก

☞**ปลาที่มีไขมันเกินร้อยละ 5 ได้แก่** ปลาสวาย ปลาเทโพ

ปลามีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว และเป็นไขมันดี ช่วยทำให้คลอเรสเตอรอลในเลือดลดลง ลดการเป็นโรคหัวใจ และยังเป็นส่วนประกอบของเซลล์ต่าง ๆ โดยเฉพาะเซลล์สมอง นอกจากโปรตีนและไขมันแล้ว ปลายังให้วิตามิน บีหนึ่ง บีสอง ไนอะซิน โดยเฉพาะปลาที่กินได้ทั้งกระดูก จะให้แคลเซียม และฟอสฟอรัส ซึ่งมีส่วนช่วยให้กระดูกและฟันแข็งแรง อีกทั้งปลาทะเลจะมีไอโอดีนช่วยป้องกันโรคคอพอก

ปลานำมาประกอบอาหารได้หลายอย่าง ควรเลือกชนิดของปลาให้เหมาะสมกับอาหารที่จะทำ และควรนำปลามาทำให้สุกก่อนรับประทานเพื่อความปลอดภัย ทั้งนี้การต้มปลาควรระมัดระวังเรื่องกลิ่นคาว เพราะกลิ่นคาวปลาเกิดจากโปรตีนชนิดที่ละลายน้ำได้ จึงต้องป้องกันไม่ให้โปรตีนละลายลงในน้ำต้ม จึงต้องรอให้น้ำเดือดก่อนจึงใส่ปลา เพราะเมื่อโปรตีนในตัวปลาถูกความร้อนก็จะแข็งตัวทันทีทำให้ไม่มีกลิ่นคาว

เรียบเรียงใหม่จาก: www.kapook.com//เรื่องน่ารู้คุณลูก-31060.html

1. นายสิริชอบรับประทานปลา ดังนั้น

ก. นายสิริไม่เป็นโรคหัวใจ

ข. นายสิริมีสุขภาพจิตที่ดี

ค. นายสิริไม่มีคลอเรสเตอรอลในเลือด

ง. นายสิริมีคลอเรสเตอรอลในเลือดต่ำ

2. เด็กชายพุฒิชอบรับประทานปลา แต่ตรวจพบว่าขาดแคลเซียม แสดงว่า

ก. เด็กชายพุฒิชอบทานปลาทอดกรอบ

ข. เด็กชายพุฒชอบรับประทานปลากระป๋อง

ค. เด็กชายพุฒชอบรับประทานเนื้อปลามากกว่ากระดูกปลา

ง. เด็กชายพุฒิชอบรับประทานปลาเล็กปลาน้อยเป็นอาหารว่าง

3. นายชนาชอบรับประทานปลาทูมากกว่าปลาชนิดอื่นและเนื้อสัตว์อื่น แสดงว่า

ก. นายชนาเจริญเติบโตได้มากกว่าคนที่ชอบรับประทานเนื้อสัตว์อื่น

ข. นายชนาจะได้รับแร่ธาตุมากกว่าคนที่ชอบรับประทานเนื้อสัตว์อื่น

ค. นายชนาจะมีร่างกายที่แข็งแรงมากกว่าคนที่ชอบรับประทานเนื้อสัตว์อื่น

ง. นายชนาจะได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นมากกว่าคนที่ชอบรับประทานเนื้อสัตว์อื่น

4. นางสาวพิมพ์ต้องการทำต้มยำปลาโดยไม่ต้องการให้มีกลิ่นคาวปลา ดังนั้น

ก. นางสาวพิมพ์ควรใส่ผักที่มีกลิ่นฉุน

ข. นางสาวพิมพ์ควรใส่ปลาลงไปในขณะที่น้ำเดือด

ค. นางสาวพิมพ์ควรใส่ปลาลงไปในน้ำตั้งแต่เริ่มต้ม

ง. นางสาวพิมพ์ควรล้างปลาทุกครั้งก่อนนำไปประกอบอาหาร

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 5-8

เผย 30 ปีก่อน ยานพบสิ่งมีชีวิตบนดาวศุกร์ (ไอเอ็นเอ็น)

นักวิทยาศาสตร์รัสเซีย เปิดเผยว่าเมื่อ 30 ปีก่อน ยานวีนัสได้บันทึกภาพบนดาวศุกร์พบสิ่งมีชีวิต คาดว่าเป็นแมงป่อง วัตถุลักษณะคล้ายแผ่นจานขยับได้สีดำ กำลังเคลื่อนไหวขณะกล้องกำลังบันทึกภาพ

เดลีเมล์ สื่อของอังกฤษ รายงานว่า **นายลีโอนิด คาซานโฟมาลิติ นักวิทยาศาสตร์แห่งสถาบันวิจัยอวกาศของรัสเซีย อ้างว่า จากการสำรวจดาวศุกร์ โดยยานอวกาศรัสเซีย หรือยานวีนัส 13 เมื่อ 30 ปีที่ผ่านมา พบว่า ดาวดวงนี้น่าจะมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่** โดยยานดังกล่าวได้บันทึกภาพบนดาวศุกร์ และจากการวิเคราะห์ภาพพบว่าปรากฏสิ่งมีชีวิตคล้ายแมงป่อง วัตถุลักษณะคล้ายแผ่นจาน ขยับได้สีดำ กำลังเคลื่อนไหว

อย่างไรก็ตาม ด้านนาซาแสดงทัศนะว่า ที่ผ่านมายังไม่มีหลักฐานว่า มีสิ่งมีชีวิตบนดาวศุกร์ ซึ่งมีอุณหภูมิบนพื้นผิวดาวร้อน 464 องศาเซลเซียส โดยที่ดาวดวงนี้มีโครงสร้างและขนาดคล้ายโลก มีชั้นบรรยากาศหนาที่เป็นพิษที่เกิดจากปฏิกิริยาเรือนกระจก อย่างไรก็ตามที่ผ่านมานักวิทยาศาสตร์ ไม่ได้ตัดความเป็นไปได้ว่า **ครั้งหนึ่งดาวศุกร์อาจมีสิ่งมีชีวิต การวิเคราะห์ได้มุ่งเน้นในประเด็นว่า ดาวดวงนี้มีทะเล หรือสิ่งมีชีวิตอื่น หรือไม่ก่อนจะเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจกขึ้นบนพื้นผิวดาวเหมือนเช่นปัจจุบันนี้**

ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ระบุว่า ทฤษฎี ปัจจุบันชี้ว่า ดาวศุกร์และโลกอาจเริ่มต้นคล้ายกันโดยดาวทั้งสองดวงอาจมีน้ำปริมาณมาก ส่วนโลกก็มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก รายงานระบุว่านับตั้งแต่ยานรัสเซียได้สำรวจดาวศุกร์เมื่อ 30 ปีก่อน นาซาสามารถบันทึกภาพที่มีละเอียดมากขึ้นเยอะเกี่ยวกับพื้นผิวของดาว ซึ่งไม่ปรากฏสิ่งมีชีวิตให้เห็น

เรียบเรียงใหม่จาก: http://hilight.kapook.com/view/66880

5. จากการที่นักวิทยาศาสตร์รัสเซีย เปิดเผยว่าเมื่อ 30 ปีก่อน ยานวีนัสได้บันทึกภาพบนดาวศุกร์ พบสิ่งมีชีวิต คาดเป็นแมงป่อง วัตถุลักษณะคล้ายแผ่นจานขยับได้สีดำ กำลังเคลื่อนไหวขณะกล้องกำลังบันทึกภาพ ดังนั้น

ก. มีสิ่งมีชีวิตบนดาวศุกร์อย่างแน่นอน

ข. รัสเซียเป็นชาติแรกที่ส่งยานอวกาศไปสำรวจ

ค. เมื่อ 30 ปีที่แล้ว อาจจะมีสิ่งมีชีวิตบนดาวศุกร์จริง

ง. รัสเซียเป็นชาติเดียวที่ส่งยานอวกาศไปสำรวจดาวศุกร์

6. ถ้าดาวศุกร์และโลกกำเนิดคล้ายกัน โดยดาวทั้งสองดวงมีน้ำปริมาณมาก และโลกก็มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาก ดังนั้น

ก. ดาวศุกร์มีสิ่งมีชีวิตเหมือนโลกแน่นอน

ข. อนาคตโลกอาจจะเป็นเหมือนดาวศุกร์

ค. เผ่าพันธุ์มนุษย์เคยอยู่บนดาวศุกร์มาก่อน

ง. ดาวศุกร์มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าโลก

7. ถ้าดาวศุกร์เคยมีทะเล หรือสิ่งมีชีวิตอื่น ก่อนจะเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจกขึ้น ดังนั้น

ก. ปฏิกิริยาเรือนกระจกเกิดขึ้นจากน้ำทะเล

ข. ปฏิกิริยาเรือนกระจกเกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิต

ค. ปฏิกิริยาเรือนกระจกเกิดขึ้นจากธรรมชาติ

ง. ยังไม่มีข้อมูลเพียงพอสำหรับการสรุปในประเด็นนี้

8. จากบทความข้างต้น ข้อใดสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลมากที่สุด

ก. ดาวศุกร์มีสิ่งมีชีวิตอยู่จริง

ข. รัสเซียเป็นชาติที่หลอกลวง

ค. องค์การนาซาน่าเชื่อถือมากที่สุด

ง. ดาวศุกร์มีโครงสร้างและขนาดคล้ายโลก

อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 9-10

วิธีคลายง่วงช่วงบ่าย

หากคุณเป็นคนหนึ่งที่มักหาวแล้วหาวอีก ต้องทนทรมานกับความง่วงช่วงบ่ายบ่อย ๆ ทำให้เสียสมาธิในการเรียน หรือ ทำงาน นั่นเป็นเพราะมื้อกลางวันรับประทานอาหารที่ประกอบด้วยแป้ง และน้ำตาลขัดขาวมากเกินไป ลองลดอาหารประเภทดังกล่าว แล้วเพิ่มอาหารประเภทผัก ผลไม้ รวมทั้งธัญพืชให้มากขึ้นอีก หลังจากนั้นลองสังเกตความเปลี่ยนแปลง

"**ผัก-ผลไม้อุดมวิตามินซี**" จำพวกบรอกโคลี ฝรั่ง ส้ม จะช่วยลดความเมื่อยล้าจากอาการเครียด และกังวล ส่วนแอปเปิล กล้วย มีโครเมียม ช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือด และเพิ่มพลังงานแก่ร่างกาย และ "**ธัญพืช**" เช่น งา ถั่วเมล็ดแห้ง ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ จะให้วิตามิน และแร่ธาตุที่มีประโยชน์ บำรุงประสาท ช่วยให้จิตใจแจ่มใสสดชื่น

นอกจากนั้น อาจจะเปลี่ยนอิริยาบถด้วยการ "**ลุกเดิน**" ในระยะก้าวปานกลาง นานประมาณ 3-5 นาที ก็เป็นอีกวิธีในการคลายง่วงได้ เนื่องจากจะช่วยกระตุ้นการไหลเวียนโลหิต คลื่นสมองทำงานดีขึ้น และร่างกายรู้สึกตื่นตัว

ทั้งนี้ "**หากทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน ควรพักสายตาทุก 1 ชั่วโมง**" โดยหลับตา หรือ มองไปไกล ๆ ประมาณ 5 นาที อาจใช้ผ้าชุบน้ำหมาด ๆ ประคบดวงตา ประมาณ 2-3 นาที จะช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อตา และทำให้เลือดหมุนเวียนมาเลี้ยงดวงตาได้ดีขึ้น ทั้งยังคลายง่วง

รวมทั้ง "**อย่าลืมมีน้ำเปล่าไว้ที่โต๊ะ**" ค่อย ๆ จิบระหว่างวัน ทั้งนี้ ควรเป็นน้ำอุณหภูมิห้อง เพื่อร่างกายจะดูดซึมไปใช้ในระบบหมุนเวียนเลือดได้ทันที ช่วยเพิ่มความสดชื่น และกระปรี้กระเปร่าให้กับร่างกาย

เป็นวิธีง่าย ๆ ที่สามารถช่วยให้สดชื่นตื่นตัวได้ โดยไม่พึ่งพากาแฟที่มีคาเฟอีน และเป็นสารเสพติด ลองนำไปประยุกต์ใช้กันดู.

เรียบเรียงใหม่จาก: http://www.dailynews.co.th/citizen/7077

9. นางสาวนลินีรู้สึกว่าร่างกายอ่อนเพลีย ดังนั้น

ก. นางสาวนลินีควรรับประทานผักใบเขียว

ข. นางสาวนลินีควรรับประทานฝรั่ง หรือส้ม

ค. นางสาวนลินีควรรับประทานแตงโมแช่เย็น

ง. นางสาวนลินีควรรับประทานแอปเปิล หรือกล้วย

10. ขณะนี้นางสาวรัตนารู้สึกสดชื่น และกระปรี้กระเปร่า แสดงว่า

ก. นางสาวรัตนาเพิ่งดื่มน้ำผลไม้ปั่นไป

ข. นางสาวรัตนาเพิ่งดื่มน้ำอัดลมแช่เย็นไป

ค. นางสาวรัตนาเพิ่งดื่มน้ำเย็นจากตู้เย็นไป

ง. นางสาวรัตนาเพิ่งดื่มน้ำไม่เย็นที่ตั้งไว้ในห้อง

<u>ตอนที่ 2</u> ความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผลแบบอุปนัย

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 11-12

นางสาวปัทมาพร อาชีพครู ชอบรับประทานไก่ย่าง ส้มตำ และลาบปลาดุก นางสาวพิมพ์รภัส อาชีพครู ชอบรับประทานไก่ย่าง ส้มตำ และลาบปลาดุก นางสาวพัชริดา อาชีพครู ชอบรับประทาน ส้มตำ และคอหมูย่าง นายธีรชัย อาชีพครู ชอบรับประทานส้มตำ ปลาดุกย่าง และคอหมูย่าง นายวัชระ อาชีพครู ชอบรับประทาน ส้มตำ ปลาดุกย่าง และไก่ย่าง

11. จากข้อความข้างต้นนักเรียนจะสรุปอย่างไร

ก. ครูทุกคนชอบรับประทานส้มตำ

ข. ครูผู้ชายชอบรับประทานคอหมูย่าง

ค. ครูผู้หญิงชอบรับประทานส้มตำ ไก่ย่าง

ง. ครูผู้หญิงทุกคนชอบรับประทานไก่ย่าง ส้มตำ และลาบปลาดุก

12. ถ้าครูทั้ง 5 คนไปร้านอาหารอีสาน และสั่งอาหารได้เพียง 3 รายการ พวกเขาจะสั่งรายการอาหารอะไรบ้าง ที่มีอาหารที่ทุกคนชอบอย่างน้อย 2 รายการ

ก. ส้มตำ ลาบปลาดุก คอหมูย่าง

ข. ไก่ย่าง คอหมูย่าง และปลาดุกย่าง

ค. ไก่ย่าง ปลาดุกย่าง และลาบปลาดุก

ง. ปลาดุกย่าง ลาบปลาดุก และคอหมูย่าง

13. เมื่อเย็นวันเสาร์ที่ผ่านมานางสาวสุพรรณี กับนางสาวนันทริกา ไปร่วมงานเลี้ยงคืนสู่เหย้าของโรงเรียนแห่งหนึ่ง นางสาวสุพรรณีรับประทานกระเพาะปลาน้ำแดง กุ้งอบวุ้นเส้น ขาหมูคะน้าลวก แตงโม ทับทิมกรอบ และ น้ำเปล่าส่วนนางสาวนันทริการับประทานกระเพาะปลาน้ำแดง ขาหมูคะน้าลวก แตงโม ทับทิมกรอบ และน้ำเปล่า รุ่งเช้าของวันอาทิตย์นางสาวสุพรรณีโทรมาหานางสาวนันทริกาแล้วบอกว่า เขาท้องเสีย สรุปว่าอาการท้องเสียน่าจะเกิดมาจากการรับประทานอาหารใด

ก. แตงโม

ข. ทับทิมกรอบ

ค. กุ้งอบวุ้นเส้น

ง. กระเพาะปลาน้ำแดง

14. ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มหนึ่ง เพาะต้นถั่วจำนวน 3 กระถาง โดยกระถางแรกนำไปวางไว้ที่กลางแจ้ง รดน้ำ ใส่ปุ๋ยคอก กระถางที่ 2 นำไปวางไว้กลางแจ้ง รดน้ำไม่ใส่ปุ๋ย และกระถางที่ 3 นำไปวางไว้กลางแจ้ง รดน้ำ ใส่ปุ๋ยเคมี เมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน นักเรียนวัดความสูงของต้นถั่วพบว่า กระถางแรกต้นถั่วสูงเฉลี่ย 7 เซนติเมตร กระถางที่สองต้นถั่วสูง 4 เซนติเมตร และกระถางที่ 3 ต้นถั่วสูง 8 เซนติเมตร สรุปได้ว่าต้นถั่วในกระถางที่ 2 มีความสูงน้อยกว่ากระถางอื่นเพราะเหตุใด

ก. ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

ข. รดน้ำไม่ตรงเวลา

ค. นำไปวางไว้กลางแจ้ง

ง. เมล็ดพันธ์ไม่สมบูรณ์

15. นักวิจัยไทยประสบความสำเร็จในการใช้ "นกแสก" กำจัดหนูในสวนปาล์มน้ำมัน พบนกแสก 1 ตัวกำจัดหนูได้ปีละ 700 ตัว แต่"นกแสก" เป็นสัตว์ที่ชาวบ้านเชื่อว่านำโชคร้ายมาสู่ผู้พบเห็น ดังนั้นเมื่อชาวบ้าน พบเห็นจึงมักจะฆ่าทิ้ง เมื่อจำนวนนกแสกลดลงจะส่งผลต่อประชากรหนูอย่างไร

ก. ไม่สามารถสรุปได้

ข. ประชากรหนูลดจำนวนลง

ค. ประชากรหนูเพิ่มจำนวนสูงขึ้น

ง. ประชากรหนูมีจำนวนไม่เปลี่ยนแปลง

16. เด็กชาย 5 คน คือ A B C D และ E กำลังเดินทางไปเที่ยววัดสำคัญ 5 วัด ดังนี้ วัดบวรนิเวศ วัดชนะสงคราม วัดสุทัศน์ วัดพระแก้ว และวัดสระเกศ นักเรียนคิดว่าเด็กชาย D กำลังเดินทางไปวัดใด เมื่อ A กำลังไปวัดบวรนิเวศ B กำลังไปวัดชนะสงคราม C กำลังไปวัดสุทัศน์ และ E กำลังไปวัดพระแก้ว

ก. วัดสระเกศ

ข. วัดพระแก้ว

ค. วัดบวรนิเวศ

ง. วัดชนะสงคราม

17. ข้อมูลจากการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 4 คน เรื่อง อาชีพที่นักเรียนอยากเป็นในอนาคต พบว่า มีอาชีพที่นักเรียนต้องการเป็น ดังนี้ ครู ทหาร ตำรวจ และแพทย์ ถ้าเด็กชายธำรงกุลอยากเป็นทหาร เด็กชายหนึ่งอยากเป็นครู เด็กชายกฤตวัฒน์อยากเป็นแพทย์ นักเรียนคิดว่าเด็กชายพีร์อยากเป็นอะไร

ก. ครู

ข. ทหาร

ค. แพทย์

ง. ตำรวจ

จากข้อมูลต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 18-19

ตาราง จำนวนประชากรของประเทศไทยอายุ 0-14 ปี 15-59 ปี และตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป พ.ศ. 2523- 2553

อายุประชากร	จำนวนประชากร (ล้านคน)			
	พ.ศ. 2523	พ.ศ. 2533	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2553
วัยเด็ก (อายุ 0-14 ปี)	17.17	15.95	15.34	13.80
วัยทำงาน (อายุ15-59 ปี)	25.21	34.55	41.03	45.5
วัยสูงอายุ (อายุมากกว่า 60 ปี)	2.44	4.01	5.87	8.01

ข้อมูลจาก http://www.oppo.opp.go.th/older_data/book/satanakran2551/thai.pdf

18. นักเรียนจะสรุปผลจากข้อมูลว่าอย่างไร

ก. ประชากรวัยเด็กเพิ่มมากขึ้น

ข. ประชาวัยทำงานเพิ่มมากขึ้น

ค.ประชากรวัยสูงอายุลดน้อยลง

ง. ประชากรวัยสูงอายุไม่เปลี่ยนแปลงมาก

19. นักเรียนคิดว่าอีก 20 ปีข้างหน้า ประเทศไทยจะมีจำนวนประชากรวัยใดมากที่สุด

ก. วัยเด็ก

ข. วัยสูงอายุ

ค. วัยทำงาน

ง. วัยเด็กและวัยสูงอายุ

20. ขณะที่ปรเมศร์อยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้รับเงินมาโรงเรียนวันละ 80 บาท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วันละ 100 บาท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วันละ 120 บาท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วันละ 140 บาท เมื่อปรเมศร์อยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เขาจะได้รับเงินมาโรงเรียนวันละกี่บาท

ก.140 บาท

ข.160 บาท

ค.180 บาท

ง. 200 บาท

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺ Good Luck ☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการเรียนรู้เมตาคอกนิชัน

แผนการจัดการเรียนรู้ แบบเมตาคอกนิชัน (กลุ่มทดลอง)

เรื่องที่ 1 ความเร่ง

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว23102**

วิชาวิทยาศาสตร์ 3ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 **จำนวน 2 คาบ**

เวลา 100 นาที

<u>มาตรฐานและตัวชี้วัด</u>

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ตัวชี้วัด

ว 4.1 ม.3/1 อธิบายความเร่งและผลของแรงลัพธ์ที่มีต่อวัตถุ

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของความเร่งและผลของความเร่งที่มีต่อวัตถุได้
2. เขียนทิศทางของความเร่ง และทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุได้
3. ตระหนักรู้ถึงเหตุผลในการใช้ความเร็วในการขับรถยนต์และเคารพกฎจราจร

สาระสำคัญ

ความเร่ง หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วย m/s^2

$$\text{ความเร่ง} = \frac{\text{ความเร็วที่เปลี่ยนไป}}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

ผลของความเร่ง

1. ทำให้ความเร็วของวัตถุเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในทิศเดิม หรือทิศตรงกันข้าม
2. ทำให้ความเร็วของวัตถุลดลงอย่างสม่ำเสมอในทิศเดิม หรือทิศตรงกันข้าม

ความหน่วง คือ คำที่ใช้เรียกความเร่งที่ทำให้วัตถุมีความเร็วลดลงอย่างสม่ำเสมอ

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นประเมินมโนทัศน์** (Concept Assessment/Status check) 5 **นาที**

1.1 ครูนำวีดิทัศน์ เรื่อง อัตราเร็วของรถมอเตอร์ไซด์ ดังรูป (ความยาว 0.47 นาที)

พร้อมใช้คำถามว่า "ตัวเลขบนหน้าปัดของรถมอเตอร์ไซด์แสดงถึงอัตราเร็ว หรือความเร็ว เพราะเหตุใด" *(อัตราเร็ว เพราะบอกเพียงตัวเลขเท่านั้น, ความเร็ว เพราะบอกทิศทางด้วย)*

1.2 ครูแสดงวีดิทัศน์อีกครั้ง โดยให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของรถมอเตอร์ไซด์ พร้อมใช้คำถามดังต่อไปนี้

1) เข็มที่หน้าปัดรถมอเตอร์ไซด์มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร *(มีการเปลี่ยนแปลง คือ เปลี่ยนจาก 0 กิโมเมตรต่อชั่วโมง เป็น 130 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)*

2) อัตราเร็วของรถมอเตอร์ไซด์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร *(เพิ่มขึ้น)*

3) อัตราเร็วที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา เราเรียกว่า ความเร่ง นักเรียนคิดว่าความเร่ง คืออะไร

1.3 ครูแจกกระดาษ A4 ให้นักเรียนทุกคนได้เขียนความหมายของความเร่งตามความเข้าใจของนักเรียน โดยให้เวลา 1 นาที แล้วสุ่มอ่าน โดยครูไม่เฉลยคำตอบ

1.4 ครูกล่าวว่า "วันนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้ความหมายและการหาค่าความเร่ง"

2. **ขั้นการสำรวจ ค้นหามโนทัศน์** (Concept Exploration) 50 **นาที**

2.1 ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 4 คน ตามลำดับเลขที่ เป็น 8 กลุ่ม

2.2 ครูให้ตัวแทนกลุ่มออกมารับอุปกรณ์ดังนี้ 1) เครื่องเคาะสัญญาณเวลา 1 เครื่อง 2) สายไฟ 2 เส้น 3) หม้อแปลงโวลต์ต่ำ 1 เครื่อง 4) เชือกสำหรับดึงรถทดลอง 1 เส้น

5) รถทดลอง 1 คัน และวัสดุดังนี้ 1) แถบกระดาษ 2) กระดาษกราฟ 3) กระดาษ A4 2 แผ่น 4) กระดาษ ฟลิปชารต์ 1 แผ่น

2.3 ครูแนะนำวิธีการใช้เครื่องเคาะสัญญาณพอสังเขป และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระดมสมองเพื่อออกแบบการทดลองโดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ได้รับไปจากครู

2.4 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการออกแบบการทดลองในประเด็นต่อไปนี้ 1) ขั้นตอนการทดลอง 2) การนำเครื่องเคาะสัญญาณเวลาในการหาค่าอัตราเร็วเฉลี่ย และ 3) เขียนกราฟระหว่างอัตราเร็วกับเวลา

2.5 นักเรียนลงมือทำกิจกรรมตามที่ได้ออกแบบการทดลอง และเตรียมนำเสนอผลการทดลองโดยเขียนเป็นกราฟระหว่างอัตราเร็วกับเวลา

3 **ขั้นนำเสนอมโนทัศน์** (Concept Introduction/Status check) 35 **นาที**

3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกราฟอัตราเร็วกับเวลาที่ได้จากการทดลอง ในประเด็นต่อไปนี้

1) กราฟมีลักษณะอย่างไร *(เส้นตรง เฉียงขึ้น, เส้นตรง เฉียงลง, เส้นโค้ง, ส่วนของเส้นโค้ง)*

3) ลักษณะของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราเร็วกับเวลาอย่างไร *(เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเร็วเพิ่มขึ้น หรือเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเร็วลดลง)*

3.2 ครูสุ่มนักเรียนโดยวิธีจับสลากเพื่อออกมานำเสนอในประเด็นต่อไปนี้ (กำหนดกลุ่มละไม่เกิน 3 นาที)

1) ความหมายของความเร่ง

2) ความเร่งมีผลอย่างไรต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ

3) วิธีการหาค่าความเร่งจากกราฟอัตราเร็วกับเวลา

3.3 ครูนำนักเรียนอภิปรายเพื่อสรุปความรู้ โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) ความเร่ง หมายถึงอะไร *(ความเร่ง หมายถึง ความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวกเตอร์ ความเร่งที่ทำให้วัตถุมีความเร็วลดลงวินาทีละเท่าๆ กัน เรียกว่า ความหน่วง เช่น เบรกของรถยนต์ที่ทำให้ความเร็วรถยนต์ลดลงและหยุดนิ่งในท้ายที่สุด)*

3.4 ครูให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์กราฟและนำสรุปผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) กราฟของกลุ่มใดแสดงว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง *(กลุ่ม 1 2 3)*

2) ความเร่งมีผลอย่างไรต่อกรเคลื่อนที่ของวัตถุ (*ความเร่งทำให้วัตถุเคลื่อนที่ โดยวัตถุนั้นจะมีความเร็วที่ไม่คงที่อาจจะมีความเร็วที่เพิ่มขึ้นวินาทีละเท่าๆ กัน หรืออาจจะมีความเร็วที่ลดลงวินาทีละเท่าๆ กัน วัตถุที่ความเร่งมีค่ามากจะทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นมากเช่นกัน ส่งผลให้เคลื่อนที่ได้ระยะทางที่เพิ่มขึ้นมากกว่ารถยนต์ที่มีความเร่งมีค่าน้อยกว่า)*

3) วิธีการหาค่าความเร่งจากกราฟอัตราเร็วกับเวลาทำอย่างไร *(การหาค่าความเร่งจากกราฟความเร็วกับเวลาทำได้โดยหาค่าความชันของเส้นกราฟดังกล่าว)*

3.5 ครูเขียนตารางอัตราเร็วของรถยนต์ต่างๆ บนกระดาน

รถยนต์	**ความเร็วของรถยนต์**				
	วินาทีที่ 1	วินาทีที่ 2	วินาทีที่ 3	วินาทีที่ 4	วินาทีที่ 5
A	2 m/s	2 m/s	2 m/s	2 m/s	2 m/s
B	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s
C	20 m/s	15 m/s	10 m/s	5 m/s	0 m/s

และให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1) รถยนต์คันใดเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง เพราะเหตุใด *(รถยนต์ B และ รถยนต์ C)*

2) รถยนต์คันใดมีความเร่งเท่ากับศูนย์ เพราะเหตุใด *(รถยนต์ A เพราะว่า ความเร็วของรถยนต์ A ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป ทุกวินาทีมีค่าความเร็วเท่ากัน)*

3) รถยนต์ B และ รถยนต์ C มีค่าความเร่งเท่าไร ตามลำดับ *(2 เมตร/วินาที^{2}และ -5 เมตร/วินาที^{2}หรือเรียกว่า ความหน่วง 5 เมตร/วินาที^{2})*

4 **ขั้นประยุกต์มโนทัศน์** (Concept application/Status check) 10 **นาที**

4.1 ครูใช้คำถามต่อไปนี้ “ถ้าในช่วงวันหยุดครอบครัวนักเรียน และครอบครัวคุณอาจะไปพักผ่อนที่จังหวัดระยองซึ่งห่างจากกรุงเทพ 250 กิโลเมตร แต่คุณอาติดภารกิจในช่วงเช้าจึงให้ครอบครัวนักเรียนออกเดินทางล่วงหน้าไปก่อนตั้งแต่เวลา 08.00 น. และคุณอาจะขับรถตามไปภายหลัง ทั้งนี้คุณอาและครอบครัวตกลงว่าจะร่วมรับประทานอาหารเที่ยงพร้อมกันในเวลาประมาณ 11.30 น. ที่ร้านแหลมเจริญซีฟู้ดซึ่งอยู่ห่างจากตัวเมืองระยอง 20 กิโลเมตร ดังรูป

ให้นักเรียนตอบคำถามในประเด็นต่อไปนี้

1) ถ้าคุณอาเสร็จภารกิจเวลา 9.00 น. คุณอาต้องขับรถด้วยอัตราเร็วเท่าใด จึงจะทันรับประทานอาหารกลางวันร่วมกับครอบครัวนักเรียน *(108 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)*

2) คุณอาขับรถด้วยอัตราเร็วตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดหรือไม่ *(เกินมาตรฐาน กฎหมายกำหนดมาตรฐานไว้ที่ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)*

4.2 นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจ เรื่อง ความเร่ง

สื่อการเรียนรู้

1. วิดีทัศน์ เรื่อง ความเร็วของรถมอเตอร์ไซด์ สืบค้นจาก http://www.youtube.com/watch?v=ICAVtscsNu8&feature=related
2. เอกสารกิจกรรมที่ 1 การศึกษาความเร่งของวัตถุ จำนวน 32 ชุด
3. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา จำนวน 8 เครื่อง
4. หม้อแปลงไฟโวลต์ต่ำ จำนวน 8 เครื่อง
5. แถบกระดาษ จำนวน 4 ม้วน
6. เชือกสำหรับดึงรถทดลอง จำนวน 8 เส้น
7. รถทดลอง จำนวน 8 คัน
8. กระดาษฟลิปชาร์ต จำนวน 8 แผ่น
9. กระดาษ A4 จำนวน 8 แผ่น

การประเมินผลการเรียนรู้

1. แบบตรวจสอบสถานะ เรื่อง ผลของความเร่ง และแรงลัพธ์ที่มีต่อวัตถุ
2. ประเมินการปฏิบัติการทดลองโดยแบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

เอกสารกิจกรรมที่ 1 การศึกษาความเร่งของวัตถุ

จุดประสงค์

1. เพื่อให้นักเรียนทดลองและหาค่าความเร่งของวัตถุที่เคลื่อนที่
2. เพื่อให้นักเรียนอธิบายความหมายของความเร่งได้

อุปกรณ์

1. เครื่องเคาะสัญญาณเวลา	จำนวน 1 เครื่อง
2. หม้อแปลงโวลต์ต่ำ	จำนวน 1 เครื่อง
3. รถทดลอง	จำนวน 1 คัน
4. แถบกระดาษ	จำนวน 1 ม้วน
5.กระดาษกราฟ	จำนวน 1 แผ่น
6. สายไฟ	จำนวน 2 เส้น

วิธีทดลอง

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

บันทึกผลการทดลอง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของแถบกระดาษ กับช่วงเวลา

คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟที่ได้มีลักษณะอย่างไร

,,

,,

2. ลักษณะของกราฟแสดงถึงความสัมพันธ์ของความเร็วกับเวลา อย่างไร

,,

,,

3. จงหาความชันจองกราฟระหว่างจุด A กับ B และ จุด A กับ C

,,

,,

4. ความชันของกราฟมีความสัมพันธ์กับความเร่งอย่างไร

,,

,,

5. ความเร่งมีผลอย่างไรต่อวัตถุ

,,,

,,,

สรุปผลการทดลอง

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………

แบบวัดความเข้าใจ เรื่อง ความเร่ง

ชื่อ.....**นามสกุล**.....**เลขที่**.....**ชั้น**.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง และทำเครื่องหมาย × หน้าข้อความที่นักเรียนคิดว่า ไม่ถูกต้อง

..... 1.ความเร่งทำให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น

..... 2. ความเร่งทำให้อัตราเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลงเสมอ

..... 3. วัตถุที่มีความเร็วในทิศทางขวามือ จะมีความเร่งทิศทางขวามือด้วยเสมอ

..... 4. วัตถุที่มีความเร่งไปทางขวามือ แรงลัพธ์ไม่จำเป็นต้องมีทิศทางขวามือ

..... 5. ขนาดของความเร่งในแนวดิ่งมีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำต่อวัตถุ

..... 6. ความเร่งเป็นปริมาณเวกตอร์

..... 7. ไม่ว่าวัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลง ความเร่งโน้มถ่วงของโลกจะมีทิศลงเสมอ

..... 8. ขณะที่รถยนต์กำลังเบรก ความหน่วงของรถยนต์มีทิศตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของรถยนต์

..... 9. วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ วัตถุนั้นจะไม่มีความเร่ง

แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**			
	1	2	3	4
การวางแผนวิธีการดำเนินการทดลอง	ไม่สามารถวางแผนและออกแบบการทดลองได้ ต้องช่วยเหลือในการวางแผนเลือกอุปกรณ์	วางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองได้ไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสมกับเวลา ใช้เครื่องมือไม่เหมาะสม	วางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองได้ถูกต้อง ไม่เหมาะสมกับเวลา แต่ยังเลือกใช้เครื่องมือได้ไม่เหมาะสม	วางแผนการทดลองและออกแบบการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมกับเวลา ใช้เครื่องมือได้ถูกต้องเหมาะสม
การปฏิบัติการทดลอง	ต้องใช้ความช่วยเหลือตลอดเวลาในการทำการทดลอง	ใช้ความช่วยเหลือเป็นบางครั้งในการทำการทดลอง	ดำเนินการทำการทดลองได้เอง แต่ต้องการคำแนะนำการชิอุปกรณ์	ดำเนินการทดลองได้เป็นขั้นตอน ใช้อุปกรณ์ได้เองอย่างถูกต้อง
ความคล่องแคล่วในการทำการทดลอง	ทำการทดลองไม่ทันเวลา ทำอุปกรณ์บางชนิดชำรุดเสียหาย	ทำการทดลองไม่ทันเวลา ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องและไม่มีเสียหาย	ทำการทดลองทันเวลา แต่ยังต้องการคำแนะนำการใช้อุปกรณ์เป็นครั้งคราว	ทำการทดลองได้ทันเวลา มีความปลอดภัยและทำได้สำเร็จ
การนำเสนอ	ต้องใช้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผล	ต้องให้คะแนะนำเป็นครั้งคราวในการบันทึกผลการทดลอง การสรุปผล	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลได้เอง เขียนรายงานได้ไม่เป็นขั้นตอนที่สมบูรณ์	บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง เขียนรายงานได้อย่างสมบูรณ์

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่
2. แบบความสามารถในการคิดอย่างเป็นเหตุผล

ตารางที่ 10 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.52	0.31
2	0.47	0.44
3	0.60	0.32
4	0.35	0.30
5	0.46	0.42
6	0.44	0.38
7	0.67	0.45
8	0.25	0.35
9	0.32	0.30
10	0.30	0.34
11	0.67	0.41
12	0.70	0.45
13	0.75	0.48
14	0.77	0.40
15	0.45	0.35
16	0.55	0.32
17	0.48	0.37
18	0.36	0.44
19	0.30	0.34
20	0.26	0.45
21	0.32	0.34
22	0.37	0.32
23	0.44	0.43
24	0.56	0.40

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
25	0.48	0.43
26	0.62	0.42
27	0.58	0.33
28	0.67	0.45
29	0.70	0.43
30	0.72	0.43

ตารางที่ 11 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดการคิดอย่างเป็นเหตุผล

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.79	0.41
2	0.50	0.31
3	0.71	0.30
4	0.67	0.40
5	0.71	0.42
6	0.54	0.42
7	0.38	0.42
8	0.71	0.32
9	0.54	0.32
10	0.23	0.34
11	0.79	0.30
12	0.71	0.41
13	0.50	0.30
14	0.46	0.35
15	0.71	0.35
16	0.79	0.40
17	0.63	0.35
18	0.67	0.31
19	0.24	0.34
20	0.46	0.33

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปิยะมาศ บุญประกอบ เกิดเมื่อ 23 กรกฎาคม 2524 ภูมิลำเนาจังหวัดอ่างทอง สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรบัณฑิต วิชาชีพครู มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2547 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 โดยได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ปัจจุบันเป็นครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดบวรนิเวศ กรุงเทพมหานคร